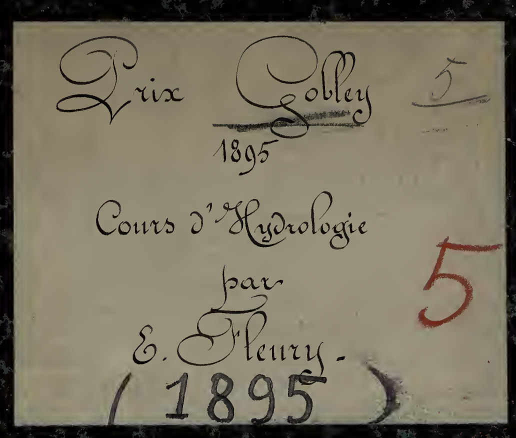
Prix Golley
1895 (1)



Prix gobley 1895 (1)

Concours pour le prix Gobley 1895

Cours d'Hydrologie

~~professé~~ par le Dr E. Fleury

professeur-suppléant à l'École de Médecine et de Pharmacie d'Alger
chargé du Cours complémentaire de Minéralogie et d'Hydrologie
ex-pharmacien aide-major de l'armée active
1er Prix de l'École supérieure de Pharmacie de Paris 1883 et 1884
Prix Desportes et Prix Laillet 1885
Médaille d'argent des Travaux pratiques de Micrographie 1885



α

Préface

L'ouvrage que nous avons l'honneur de présenter est la reproduction du cours complémentaire d'Hydrologie que nous professons à l'École de plein exercice de Médecine et de Pharmacie d'Alger. En le publiant, nous pensons être utile aux étudiants en pharmacie pour leur préparation au 2e examen probatoire (Minéralogie et Hydrologie). Jusqu'à ce jour, la partie hydrologique a été, il faut bien le reconnaître, un peu négligée : sans doute par défaut d'un livre spécial. C'est dans les Écoles préparatoires, où l'enseignement de ces matières n'est pas organisé, qu'il nous a été permis de reconnaître qu'il y avait là une lacune. La combler est notre vœu le plus cher.

Ce livre est divisé en deux parties : Hydrologie générale et Hydrologie spéciale.

Dans l'Hydrologie générale, nous étudions d'abord la Géologie dans ses rapports avec l'Hydrologie, puis l'Eau au point de vue chimique & physique. Ces deux chapitres sont l'introduction indispensable au sujet qui fait le fond de cet ouvrage ou Hydrologie spéciale.

Celle-ci se scinde artificiellement en deux parts d'importance à peu près égale : Eaux potables et Eaux minérales. Nous avons accordé à l'étude des Eaux potables un grand développement : l'essai rapide d'une eau, le dosage des éléments qu'elle renferme, la recherche microscopique & microbiologique, tout cela constitue un véritable Guide pratique à la portée de tout chimiste non familiarisé avec les manipulations que comportent les analyses d'eau.

β

La purification et la filtration des eaux ont été également traitées avec détails.

Dans le chapitre consacré aux <u>Eaux minérales</u> nous nous sommes étendus sur les dosages spéciaux les plus importants ; nous énumérons avec ordre les principales eaux françaises et les sources étrangères les plus connues ; nous donnons leur composition complète ou nous en indiquons les grandes lignes. Nous espérons que cet ouvrage, conçu sans prétention aucune est susceptible de rendre quelques services aux élèves et aux pharmaciens eux-mêmes ; nous serions très heureux, si l'accueil qui lui sera fait, pouvait nous prouver que nous avons bien atteint le but de nos efforts.

Alger, ce 20 Juin 1895



« L'eau est le principe de toutes choses »
(Thalès, de Milet)

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS BIBLIOTHÈQUE

L'eau occupe à la surface de la Terre une place prépondérante. La superficie du globe étant de 510 millions de kilomètres carrés : 375 millions sont couverts par l'Océan, 135 seulement forment les Continents. Le rapport de l'eau à la terre est donc comme $\frac{2,78}{1}$, en exagérant un peu la part de l'Océan on dit que ce dernier recouvre les $\frac{3}{4}$ de la superficie de la Terre. Nous verrons que cet Océan constitue en majeure partie le réservoir auquel sont puisées les eaux qui coulent à la surface de notre planète.

Un rôle immense devait être dévolu à un élément aussi largement distribué. Ce rôle, facile à mettre en relief par quelques considérations, était déjà connu des anciens. Thalès, le philosophe, 500 ans avant notre ère, disait : « l'eau est le principe de toutes choses, les plantes et les animaux ne sont que de l'eau condensée, et c'est en eau qu'ils se résoudront après leur mort ».

Chauffons dans une capsule en porcelaine, à une température modérée, cent grammes de plantes fraîches, l'eau va s'évaporer, en même temps les plantes se flétrir ; alors que ces végétaux ne perdront plus d'eau, pesons le résidu et nous trouvons sensiblement vingt grammes. Le poids a donc diminué des 4/5, cette part entière revient

à l'eau que nous avons chassée, elle se trouvait dans la plante à l'état de sève. Avec des fruits aqueux la perte eût été plus considérable; elle eût été moindre avec des graines, mais cette expérience est suffisante pour démontrer la part énorme qui revient à l'eau dans l'économie végétale.

Cette proportion est de même importance en ce qui concerne les animaux. Le sang, cette chair liquide, n'est à notre point de vue spécial, que de l'eau additionnée de matières albuminoïdes, de globules rouges et blancs et de quelques sels, il renferme 78% de son poids d'eau. Le lait en contient 85 à 90%. Tous les tissus qui forment le corps humain sont plus ou moins riches en eau: un homme, du poids moyen de 60 kilogrammes, n'en pèserait plus que 12 après dessication.

Dans la plupart des minéraux, l'analyse chimique dénote la présence de l'élément aqueux. Sans eau, le gypse fer de lance, qui est transparent, formerait une poussière blanche, le plâtre; la malachite perdrait sa belle couleur verte, le sulfate de cuivre sa couleur bleue. Nul besoin de multiplier ces exemples.

En résumé, l'eau est partout, elle entre dans la constitution de tous les corps naturels.

L'eau qui est un aliment pour les animaux et les végétaux est de plus le milieu dans lequel vit tout un monde aquatique. C'est elle qui entretient dans l'atmosphère une certaine quantité de vapeur d'eau dont une portion constitue les nuages. Privez l'atmosphère de cette vapeur, nous priverons du même coup la Terre de l'écran qui la préserve le jour, d'une radiation solaire trop intense, la nuit, d'un rayonnement extrême. La chaleur des jours et la fraîcheur des nuits seraient alors insupportables. C'est ce phénomène atténué que l'on observe dans le sud algérien à Saïda, à Laghouat et dans les stations de l'Engadine (Davos, Saint-Moritz).

Tel est le rôle de l'eau. Mais avant d'étudier cette dernière au repos, voyons la d'abord en mouvement ; examinons le cycle qu'elle parcourt soit sur notre planète, soit dans l'athmosphère. Tour à tour nous allons la retrouver à l'état liquide, gazeux ou solide, nous la verrons toujours en mouvement et ne quitter une de ces formes que pour en reprendre une des autres.


ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS BIBLIOTHÈQUE

Hydrologie générale

Titre premier

La Géologie appliquée à l'Hydrologie

Aperçu sur l'origine de l'Océan — Quand le globe est passé de la phase stellaire à la phase planétaire, c'est à dire quand la masse, à l'état de fusion ignée, s'est refroidie, puis que les parties extérieures se sont solidifiées formant une carapace continue et résistante, il n'existait vraisemblablement pas d'eau liquide à la surface de la Terre. Cette coque, nous la connaissons, elle est constituée par les roches que nous appelons cristallophylliennes et qui ont leur type dans le gneiss. Mauvaise conductrice de la chaleur, l'enveloppe, dès sa formation, a préservé le noyau terrestre, encore en fusion, d'un refroidissement rapide ; en même temps elle permettait à l'atmosphère de se refroidir ce qui amenait la condensation de la vapeur d'eau contenue dans cet immense réservoir. Cette condensation a dû se traduire par des pluies diluviennes et l'eau, dissolvant au contact du sol, les matériaux qui y sont solubles s'est amassée dans les plis, les anfractuosités que présentait l'écorce terrestre. Telle doit être l'origine de l'Océan ; aujourd'hui il ~~est~~ nous paraît à peu près stable en sa forme, les géographes en ont fait leurs océans et leurs mers, mais il n'en a pas toujours été ainsi

Le noyau liquide, nous l'avons déjà remarqué, est en voie de refroidissement, il se contracte donc ; les couches ~~superficielle~~ cristallophylliennes, minces au début, ont dû se plisser assez facilement pour suivre dans son retrait le noyau qui les supporte. De là l'irrégularité du sol, de là les bouleversements fréquents dans le régime des océans. Changements de régime dont la géologie enregistre l'histoire.

L'Océan et les eaux courantes — Dans la zone intertropicale, l'Océan donne lieu chaque jour à une émission considérable de vapeur d'eau. L'athmosphère en ces régions chaudes se sature ainsi de vapeur, puis, quand la masse d'air, dont le degré hygrométrique est considérable, se trouve soumise à un refroidissement tel que le point de saturation pour cette température soit atteint, l'excédent de vapeur se condense et se précipite à l'état de pluie, de neige, de grêle suivant les conditions météorologiques. Ce refroidissement, qui est obtenu surtout par le transport de ces masses d'air dans les régions élevées de l'athmosphère, est donc la cause des précipitations athmosphériques et celles-ci sont la source des eaux courantes.

C'est sous l'équateur que ce phénomène d'évaporation acquière son maximum d'intensité et si les pluies sont aussi généralement répandues c'est que les vents conduisent les nuages aquifères au gré de leur direction.

Partage des précipitations athmosphériques — Toute l'eau tombée à l'état de pluie, de grêle, de neige, ou celle qui provient de la condensation des brouillards, ne profite pas également à la terre. Une partie retourne à l'athmosphère sous forme de vapeur, c'est l'<u>évaporation</u>, une autre coule à la surface du sol, c'est le <u>ruissellement</u>, la troisième s'infiltre dans le sol, nous avons affaire à l'<u>infiltration</u>.

Evaporation — La température du milieu extérieur est le facteur qui modifie le plus l'évaporation. Aussi voyons-nous celle-ci être plus active en été et augmenter à mesure que l'on s'éloigne des pôles pour se rapprocher de l'équateur. Pour donner une mesure de cette évaporation nous pouvons dire que, durant la saison estivale et dans la zône tempérée, les pluies ne font pas varier le niveau

des rivières.

La constitution du sol a aussi son influence sur le phénomène qui nous occupe. Plus le sol est de coloration foncée, plus il absorbe de calorique; aussi l'évaporation est-elle plus active quand la pluie tombe sur une terre noirâtre.

Quels moyens pouvons-nous opposer à ce retour de l'eau à l'athmosphère? Peut-on lutter contre l'évaporation qui enlève les 2/3 de la pluie qui tombe dans le bassin de la Seine (1), les 3/4 de celle qui se déverse sur celui du Mississipi?

Le plus pratique et le plus efficace consiste à conserver les prairies et les forêts, ou à en former, à faire du reboisement. Les gouttes d'eau sont alors dissimulées sous le feuillage, sous la mousse, elles échappent à la radiation solaire directe, l'évaporation est sinon annihilée, du moins ralentie. Une plus grande quantité d'eau ruissellera à la surface de la terre ou s'infiltrera dans le sous-sol au grand profit de la prairie ou de la forêt.

Ruissellement — L'écoulement des eaux de pluie à la surface du sol prend le nom de <u>ruissellement</u>. Ce phénomène, de même que le précédent, dépend de deux facteurs d'importance inégale: la nature du sol et son relief.

La condition primordiale est que la couche superficielle soit imperméable, l'adjuvante que le terrain soit incliné. Plus la pente sera forte, mieux se fera le ruissellement.

Avec un sol imperméable, tellement disposé qu'il n'offre pas de bassin de concentration, les eaux pluviales, ou celles qui résultent de la fonte des neiges, vont circuler en tous sens, elles méritent le nom d'<u>eaux sauvages</u> qu'on leur a donné. Peu à peu ces eaux au cours capricieux vont dégrader le sol, le sculpter pour ainsi dire, les parties meubles finiront par être entraînées, le terrain pourra prendre les aspects les plus bizarres et se couvrir de productions remarquables. C'est

(1) il tombe annuellement à Paris 593mm9 (Mr Alfred Angot)
——— à Alger 774mm6 (Mr Sambuc, professeur suppléant à l'École de Médecine)

par l'effet des eaux sauvages que se forment les pyramides de terre de Botzen (Tyrol), les pyramides des fées de Saint-Gervais (Haute-Savoie). Certains de ces édifices sont couronnés d'une pierre (blocs perchés, pierres branlantes).(1)

Torrents — Quand le sol ~~est~~ au contraire présente un relief accentué et que les eaux pluviales convergent vers un bassin de concentration, les eaux se réunissent dans ce bassin en masses souvent considérables et donnent naissance à des cours d'eaux particuliers, éphémères et impétueux, auxquels on a donné le nom de torrents.

Un torrent se compose de trois parties : le bassin de réception, le canal d'écoulement et le cône de déjection.

Le bassin de réception n'est autre chose que le lieu de concentration des eaux pluviales, il a le plus fréquemment la forme d'un entonnoir. Les pentes rapides de ses parois font que le ruissellement atteint une grande intensité et s'accomplit si aisément qu'en un instant les eaux torentielles gagnent le fond du bassin.

Le canal d'écoulement constitue le lit du torrent. Ses caractéristiques sont avec son peu de largeur une forte pente et des parois abruptes. C'est là où se montre surtout la puissance de ces cours d'eaux temporaires. On a calculé que pour une inclinaison de 0.06 par mètre et une section de 8 mètres de largeur sur 2 de hauteur, les eaux acquièrent la vitesse des vents violents, soit 14 mètres par seconde. Si l'on poursuit le calcul, il en découle qu'un tel torrent débite 228 mètres cubes à la seconde, la Seine à Paris n'a un débit moyen que de 130 m.c.

Le cône de déjection est, à notre point de vue spécial, la partie la moins intéressante de ces appareils. On donne ce nom à un amas conique situé à l'extrémité du canal d'écoulement et formé des matériaux arrachés aux roches encaissantes et que charriaient les eaux torentielles. Ces éléments, plus ou moins roulés, se déposent

(1) A l'extrémité du cimetière européen de Saint-Eugène à Alger le visiteur peut observer une série de pyramides de terre et suivre leur mode de formation.

8

quand la vitesse des eaux se ralentit ce qui arrive au moment précis où, quittant leur lit étroit, elles débouchent dans la vallée où ce lit aboutit.

Torrents permanents — En dehors des fortes pluies, le lit des torrents proprement dits est à sec. D'autres, au contraire, descendant de montagnes assez élevées pour que leur sommet soit couvert de neiges persistantes, sont toujours en activité; mais, comme les premiers, ils peuvent éprouver des crues violentes. Ces torrents permanents constituent donc des rivières, mais des rivières spéciales, à débit excessivement variable, on leur donne encore le nom de torrents.

Les torrents permanents résultent souvent de la fusion des glaciers. Qu'est-ce donc qu'un glacier?

Glaciers — On donne ce nom à des masses de glace plus ou moins abondantes encaissées dans des vallées ou suspendues aux flancs des montagnes. Cette glace a son origine dans la transformation que subit, au début de la belle saison, la neige qui couvre les hautes cimes. Voici en quelques mots comment s'opère ce phénomène:

Dès que la température est assez élevée, la neige commence à fondre superficiellement. L'eau qui en résulte atteint les couches profondes et celles-ci, sous l'influence des gelées nocturnes, se changent alors en une masse granuleuse, remplie de bulles d'air, le <u>névé</u>. Cette masse, à demi compacte, glisse sur les flancs de la montagne; ~~et~~ dans ce mouvement de translation ~~et de compression~~ elle devient de plus en plus consistante, les grains pressés les uns contre les autres se soudent entre eux, les bulles d'air disparaissent, la neige s'est métamorphosée en une glace transparente.

Les glaciers ne sont pas immobiles. Entre leurs rives encaissées, aux pentes roides, ils coulent, mais avec une lenteur remarquable. Le plus beau, le plus vaste des glaciers originaires du mont Blanc, la fameuse <u>Mer de Glace</u>, se meut avec une rapidité moyenne de 100 mètres par an. Un demi siècle est nécessaire pour que les névés supérieurs atteignent la limite inférieure du glacier!

Comme ce mouvement de descente est continu,

cette faible progression pourrait néanmoins inspirer des inquiétudes, si la température plus élevée des régions où parvient le front du glacier ne venait, en faisant fondre la glace, arrêter sa marche envahissante. De l'équilibre qui s'établit entre la fonte estivale et la progression annuelle, il résulte que les glaciers conservent toujours à peu près la même étendue.

En même temps que la fusion limite en avant les coulées de glace, elle produit sur toute leur surface une certaine quantité de liquide qui, s'infiltrant à travers mille fissures et crevasses, gagne le lit même du glacier. Ces eaux circulantes dissolvent la glace autour d'elles et forment un ruisseau qui s'échappe au front du glacier sous une voûte naturelle qu'il s'est creusée lui-même.

Les ruisseaux glaciaires sont l'origine des torrents auxquels les glaciers donnent naissance. Les considérations que nous avons exposées font comprendre que le débit de tels appareils varie avec la saison. Plus élevé en été, il peut devenir nul pendant un hiver rigoureux.

Rivières torentielles — Nous avons vu les eaux pluviales tantôt courir à la surface d'un sol inégal (eaux sauvages) ou se concentrer dans un bassin pour former les torrents. Dans l'un et dans l'autre cas le résultat est le même. Toute l'eau tombée qui ne s'est pas évaporée ou qui ne s'est pas infiltrée dans le sol, finit par se collecter et donne naissance aux rivières. Mais il y a deux sortes de rivières et il faut distinguer : celles qui proviennent du ruissellement ou de la fonte des glaciers sont les Rivières torentielles ; on verra les eaux d'infiltration ~~donner~~ être la source des Rivières tranquilles.

[Gé]néralités sur les rivières — Tout cours d'eau est doué d'une certaine provision d'énergie, d'une certaine quantité de force vive qu'il lui faut dépenser. Il l'utilise à creuser son lit et à élargir sa vallée, et, quand, l'un étant assez profond et l'autre assez large, cette force vive n'est plus employée qu'à déplacer les alluvions, on dit que la rivière est à l'état de régime. Elle se contente alors le plus ordinairement d'un lit appelé lit mineur, et si, par suite de certaines circonstances (grandes

pluies, fontes des neiges) elle quitte ce lit et couvre ses rives, on prononce le mot de crue. Le lit majeur est le lit occupé par la rivière au moment des fortes crues.

Le phénomène inverse peut aussi se produire. Il s'observe de préférence quand le bassin de la rivière est pourvu de terrains perméables et à l'époque où les affluents torrentiels sont en inactivité. Le niveau des eaux baisse alors, la rivière est dite à l'étiage, quelquefois même son lit est entièrement à sec.

Ces données s'appliquent aux rivières torrentielles comme aux rivières tranquilles. Il faut les compléter, apprendre ce que c'est que la puissance d'un cours d'eau, savoir qu'elle est en fonction de sa pente et de la masse liquide en circulation.

Pente — Elle diffère avec les rivières elles-mêmes. Pour fixer les idées, nous citerons les chiffres suivants: la Seine (à Paris) a une pente de 1 °/ooo, le Pô 0.33 °/ooo, le Rhin 0.39 °/ooo, le Rhône (d'Arles à ~~[illegible]~~ Saint-Louis) 0.53 °/ooo. Au-dessus d'une pente de 1 °/oo la rivière cesse d'être navigable, c'est la pente du Doubs à Besançon. La Durance, avec une pente de 2 °/oo, est une rivière torrentielle.

Vitesse — Elle varie avec la pente et la masse d'eau circulante, plus ces facteurs sont élevés, plus grande est la vitesse. Mais il faut remarquer que celle-ci n'est pas la même en tous les points d'une section verticale du cours d'eau. Elle est maximum à la surface et au point de la surface situé sur la verticale du point le plus profond; elle est réduite au minimum pour l'eau qui coule sur le fond. Si l'on prend les 4/5 de la vitesse à la surface, on obtient la vitesse moyenne, elle est environ le double de la vitesse au fond.

Les vitesses pour la Seine, le Rhône, le Nil sont respectivement 0m50, 0m40 à 1m50 et 1m54 par seconde; mais au moment des crues la vitesse augmente, l'eau du Rhône peut parcourir alors de 4 à 5 mètres à la seconde.

Débit — Ce nom est celui appliqué à la masse d'eau qui s'écoule pendant une seconde dans une section verticale. Le débit moyen est ~~celui~~ calculé ~~quand~~ au moment où la rivière occupe son lit mineur, celui de la Seine, à Paris, est de 130 mètres cubes. On a observé à Paris comme débit d'étiage 40 mètres cubes et 2400 m.3 comme débit en temps

de crue. Nombre de fleuves ont des débits plus élevés :

Danube	9000 m^3
Saint-Laurent	10000 m^3
Mississipi	17000 m^3 (1)

Barre – Delta — On donne communément l'épithète de <u>fleuves</u> aux rivières importantes qui, après avoir reçu un nombre plus ou moins grand d'affluents, se jettent enfin dans la mer. C'est l'<u>embouchure</u> du fleuve ; l'<u>estuaire</u> est l'échancrure que présente le rivage. Au point de vue hydrologique il est intéressant de citer la rapidité avec laquelle les matériaux charriés par les eaux se précipitent quand s'opère le mélange de l'eau douce avec l'eau salée. Les matières en suspension (<u>troubles</u>) tendent déjà à se déposer du fait que, la vallée où coule le fleuve s'élargissant, la vitesse du courant diminue ; mais on a fait l'observation qu'ils se déposaient 15 fois plus vite dans l'eau salée que dans l'eau douce. Aussi, au lieu où s'opère le mélange des deux eaux, voit-on un dépôt s'élever sur le fond. Cette sorte de remblai, situé à peu de distance de la surface, est la <u>barre</u>.

Une grande partie des troubles sert à former la barre, le reste se dépose au delà, édifiant en avant de l'embouchure un dépôt triangulaire auquel, par analogie de forme avec la lettre grecque, on applique la dénomination de <u>delta</u>. L'estuaire comblé de la sorte finit par disparaître.

Tous les fleuves ne présentent pas un delta, c'est que les mers où ils se déversent offrent des régimes différents. Si la mer est sujette à des marées un peu importantes, s'il existe au voisinage de l'embouchure des courants parallèles à la côte, on conçoit qu'un delta ne puisse s'établir, les matériaux qui doivent le constituer étant sans cesse entraînés. Aussi est-ce dans la Méditerranée où les conditions d'un océan tranquille sont réalisées, ou encore dans quelques golfes profonds, que l'on trouve des exemples de deltas (deltas du Rhône, du Nil, du Pô, du Gange, du Mississipi).

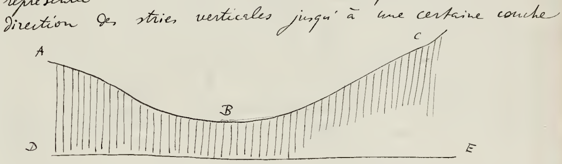
Infiltration — Laissons ces généralités sur les rivières et voyons ce que deviennent les eaux météoriques qui ne font pas retour à l'atmosphère sous forme de vapeur ou qui échappent au ruissellement. Si le terrain est perméable, ces eaux, qu'elles proviennent de la pluie, de la fonte des neiges ou de la condensation des brouillards, pénètrent lentement

(1) Pour ces détails et les suivants consulter le Traité de Géologie de Lapparent.

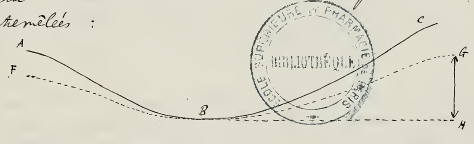
à travers les fissures que présente l'écorce terrestre et forment dans le sol sous-jacent une nappe dite <u>nappe d'infiltration</u>.

C'est le moment de revenir en quelques mots sur les bons effets du boisement, car sur un terrain boisé le phénomène de l'infiltration atteint son maximum d'intensité. L'eau qui ne subit pas la radiation solaire directe, qui d'autre part ruisselle difficilement, pénètre aisément dans un sol que racines et radicelles ameublissent et y forme ces nappes infiltrées qui vont maintenant nous occuper.

Soit un terrain perméable dont la coupe est représentée en A B C. L'eau s'infiltre suivant la direction des stries verticales jusqu'à une certaine couche



DE qui est ~~une couc~~ imperméable, argileuse par exemple. Toute la masse sableuse comprise entre les deux lignes ABC et DE est donc chargée d'eau. Mais les choses ne vont pas en rester là. Quand il cessera de pleuvoir, le niveau supérieur de la couche infiltrée va s'abaisser, l'eau tendant à gagner les parties les plus profondes, et la figure suivante nous montre en FBG et DE la partie saturée ou nappe souterraine. Là, les molécules d'eau et les molécules minérales sont pour ainsi dire entremêlées :

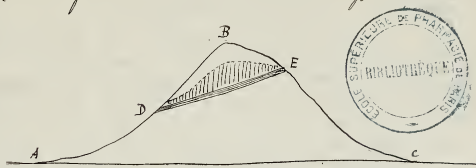


ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS
BIBLIOTHÈQUE

S'il arrive maintenant que le niveau d'une telle nappe soit atteint par une vallée comme le fait se produit ci-dessus en B, nous aurons en ce point une <u>source</u>, elle sera plus ou moins jaillissante, ce qui dépend de la pression hydrostatique mesurée par GH. Un <u>puits</u> est l'analogue d'une pareille source, mais là la dépression est artificielle le plus souvent.

Les sources alimentées par des nappes aquifères ne se rencontrent pas seulement au fond des vallées, elles se trouvent

aussi sur la pente des collines, voici l'explication : Supposons un mamelon tel que ABC et, toute la masse surplombant la couche argileuse DE, perméable. Les eaux d'infiltration vont être arrêtées par DE et il se



ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS
BIBLIOTHÈQUE

formera au-dessus une nappe que nous limitons supérieurement par la ligne pointillée. Cette nappe d'infiltration va donner lieu à des suintements tout autour des affleurements de la couche imperméable, ils seront plus abondants au point le plus déclive D. Ce sont là les sources dites à flanc de coteau, elles sont fréquentes dans les environs de Paris et indiquées, là comme ailleurs, par une végétation spéciale.

On observe en Algérie, dans la région des Chotts, un phénomène dont l'interprétation paraît difficile au premier abord. Avec une nappe disposée comme celle de l'avant-dernière figure et une dépression en B, il n'existe pas de source en ce lieu. C'est qu'en ce point B il se trouve une couche imperméable que l'eau ne peut franchir malgré la pression que nous savons mesurée par la verticale GH. Mais perçons la croûte argilo-gypseuse qui constitue la couche imperméable, immédiatement l'eau sortira par l'orifice et au milieu de ces terrains salés on aura établi une source d'eau douce.

Température des eaux de sources — L'eau des sources est caractérisée par sa température qui est constante et égale à la moyenne annuelle de l'air au lieu d'émergence. Pour l'instant nous ne parlons pas bien entendu des sources thermales.

Cette constance dans la température vient de ce que l'écorce terrestre étant mauvaise conductrice de la chaleur, les variations dans la température atmosphérique ne se font sentir qu'à une très faible distance de la surface. Au delà de ce point la température du sous-sol est invariable et naturellement la même que la moyenne annuelle de l'endroit où l'on observe. Exception est faite pour les grands profondeurs.

Il est cependant des cas où la règle précédente est en défaut. C'est d'abord dans les pays où la température moyenne est inférieure à + 4°; car l'eau, ayant sa densité la plus grande à cette température, sortira de la source avec une température égale à + 4°, par conséquent supérieure à la moyenne annuelle.

C'est ensuite quand la nappe souterraine est profonde. L'expérience nous a appris que la température du sous-sol augmente d'environ 1° par chaque 30 mètres parcourus dans le sens du rayon terrestre. L'eau qui imprègne les couches inférieures de la nappe prend part à cette élévation de température; devenue moins dense elle gagne les couches supérieures et s'écoule au-dehors avec une température plus élevée que la moyenne annuelle.

Caractères des rivières issues des sources — Autant les rivières provenant du ruissellement sont à régime variable et à crues rapides, autant celles qui sortent des sources ont des allures régulières et paisibles. Une crue vient-elle à se produire, elle se fera lentement, progressivement, elle durera d'autant plus que la nappe souterraine est plus considérable. La lenteur qui préside à tous ces phénomènes fait que l'eau de ces rivières est en général limpide.

Nous ferons remarquer en terminant que l'étude de la géologie permet d'affirmer si les cours d'eau d'un bassin sont à crues rapides ou lentes et quelle est la marche des oscillations au-dessus et au-dessous de la moyenne de niveau. Le bassin est-il formé de terrains imperméables? le ruissellement domine avec les rivières torentielles; est-il composé de couches poreuses? les sources sont répandues et les rivières tranquilles prédominent.

Sources jaillissantes et Puits artésiens — Le schema suivant nous donne la clé du phénomène des sources jaillissantes :

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE ... BIBLIOTHÈQUE

Supposons en ABC une couche argileuse, imperméable, et au-dessous des couches sableuses et perméables EF disposées de telle sorte qu'elles affleurent à la surface

du sol ainsi qu'on le voit en D et en G. Que va-t-il se passer? Aux points où les terrains perméables affleurent, l'infiltration va se produire, la nappe sableuse entière deviendra une nappe d'infiltration où la pression maximum aura son siège au point le plus déclive de la cuvette, B. En ce lieu la pression sera mesurée par la verticale HG. Si l'on creuse un puits tel celui représenté ci-dessus, l'eau s'élèvera dans cet appareil et jaillira si l'orifice supérieur est sensiblement au-dessous de G. On peut empêcher l'eau de jaillir, il suffit d'élever sur le puits une colonne tubulaire dans laquelle elle pourra monter et atteindre son niveau d'équilibre. Un tel système constitue un puits artésien.

Le débit de ces puits varie avec la hauteur de la colonne tubulaire. Il est aisé de comprendre qu'il a son maximum à l'orifice du puits même, au niveau de la surface du sol; il est nul, si le sommet de la colonne de tubes est sur l'horizontale du point G. Entre ces deux extrêmes il est facile de choisir un débit convenable ~~il se~~ c'est ce que l'on fait en arrêtant la colonne de tubes en un point intermédiaire. Ce que l'on perd en eau, on le gagne en pression, ~~[illegible]~~ mais on obtient de l'eau à une certaine altitude ce qui facilite ultérieurement sa distribution.

Le débit dépend aussi du diamètre du trou de sonde, il est en rapport direct avec ce diamètre.

On a foré un grand nombre de puits artésiens. A Paris, le premier en date est celui de Grenelle (1842). La nappe aquifère (sables verts du Gault) qui l'alimente se trouve à 550 mètres au-dessous de la surface du sol, elle affleure aux environs de Troyes (160 kilomètres de Paris), c'est là un de ses points d'infiltration. La colonne d'eau s'élève à 40 mètres au-dessus de la Seine (73 mètres au-dessus du niveau de la mer).

Ce puits de Grenelle donnait à son origine:

3200 m.³ par 24 heures au niveau du sol
1100 au sommet de la colonne tubulaire

En 1852, le débit a diminué dans des proportions notables; il devint au sommet de 720 m.³. En 1856, il était revenu à 900 m.³ Aujourd'hui le débit est d'environ 350 m.³

Le puits de Paris-Passy a un diamètre plus fort que le précédent, son débit est donc plus considérable. Au début de son fonctionnement (1861), il donnait

25000 m.³ au niveau du sol

6192 au sommet

en même temps le débit du puits de Grenelle baissait, ce qui donne à conclure que ces deux puits s'alimentent à la même nappe.

L'eau de ces puits de la capitale venant de 500 mètres de profondeur doit avoir une température assez différente de la moyenne annuelle de Paris. Elle est en effet θ + 28°, soit 17° de plus que la moyenne.

Il n'est ~~inté~~ pas sans intérêt de signaler que l'eau des puits de Grenelle et de Passy diffère notablement de celle de la Seine : tandis que l'eau du fleuve a un degré hydrotimétrique égal à 18, celui du puits de Grenelle est 9. La proportion de matières minérales en solution doit par suite être très faible, c'est ce que l'on constate par l'analyse : ces eaux artésiennes accusent seulement 0gr 141 de résidu pour 1000 l.

Le forage des puits artésiens, difficile à Paris où la nappe est profonde, se fait quelquefois avec la plus grande aisance. C'est ainsi que le système de l'américain Norton permet de se procurer de l'eau en peu de temps et à peu de frais. Dans les contrées arides et relativement désertes du Sud algérien on peut, grâce à lui, créer en quelques heures des puits instantanés, voilà pourquoi nous entrerons dans quelques détails.

Le principe sur lequel repose l'invention est des plus simples. Si on enfonce, jusqu'à la rencontre d'une nappe souterraine, un tuyau d'un faible diamètre et que, au moyen d'une pompe, on fasse le vide à la partie supérieure, il est évident qu'on obtiendra un écoulement d'eau à l'extrémité du tube. Si la nappe est disposée comme celle des puits artésiens, qu'on ait affaire à une nappe jaillissante, la pompe deviendra inutile, on aura créé un véritable puits artésien. Mais en dehors de ce cas, on voit que cette méthode n'est pas susceptible d'une grande généralisation ; elle ne saurait s'appliquer à des couches d'eau profondes, puisque l'eau ne peut être élevée, par l'action des pompes, au delà d'une dizaine de mètres.

L'appareil est peu dispendieux, peu embarrassant. Il se compose, en premier lieu, d'une série de tuyaux de fer de 3 m. de long sur 0m04 de diamètre intérieur et 0.008 d'épaisseur. Ces tuyaux sont taraudés aux deux bouts de manière à pouvoir se visser les uns aux autres et à constituer un tube continu. Celui qui est destiné à pénétrer le premier dans le sol se termine par une pointe d'acier à arêtes vives. Près de la pointe d'acier et sur une hauteur de 0m6 sont percés une infinité de petits trous qui servent à laisser entrer l'eau dans le tube. Lui-même est placé au milieu d'un cylindre creux en fer du poids de 50 kilogrammes qui s'élève et retombe sans cesse. Ce mouton sert à enfoncer les tuyaux en terre ; mais il n'agit pas directement sur le tube, il frappe sur un anneau circulaire, un collier, fixé solidement au tube par des boulons. Quand le collier arrive au contact du sol, on le déboulonne et on le replace plus haut.

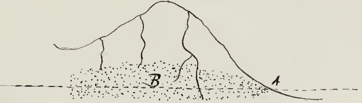
Alors que le premier tuyau a presque complètement disparu dans la terre, on visse à sa partie supérieure un autre tube et on répète la même manœuvre. On s'arrête quand on a atteint la nappe aquifère, ce qu'on reconnaît en examinant si une pierre, descendue dans le tube, remonte sèche ou mouillée. A ce moment on adapte à l'extrémité du tuyau une pompe aspirante et, après quelques coups de piston, on voit sortir une eau qui, boueuse au premier instant, ne tarde pas à devenir limpide.

Ce système permet donc de rechercher l'eau à peu de frais, de sonder le sol avec la plus grande facilité, à moins que l'on s'adresse à un terrain résistant où le premier tube ne puisse s'enfoncer. Les Français en Algérie, les Anglais dans leur campagne en Abyssinie l'ont employé et en ont obtenu d'excellents résultats.

Sources thermales — Les sources dont nous avons parlé en premier étaient des sources froides, or nous savons qu'il se trouve des sources dont l'eau est chaude, quelle est leur origine ?

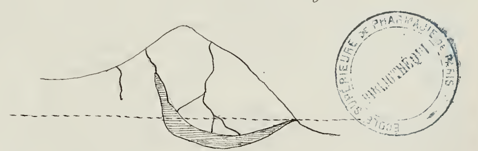
Nos études antérieures nous ont appris que la température du sous-sol augmente de 1° par chaque 30 mètres parcourus vers le centre de la terre, il faut donc penser qu'il existe là une source de chaleur, un noyau encore en fusion et celui-ci, protégé contre le

rayonnement par la croûte terrestre mauvaise conductrice, n'est plus soumis qu'à un lent refroidissement. Que des infiltrations aient lieu sur un terrain fissuré, si leur produit peut atteindre de grandes profondeurs puis s'épancher au dehors, nous aurons une <u>source thermale</u>. C'est ce qui est réalisé dans la figure ci-jointe :



les roches qui composent la montagne, haute de 3000 mètres sont crevassées, l'eau qui provient de la fonte des neiges s'écoule par les fissures pour constituer en B une nappe d'infiltration située à une altitude de 100 mètres. L'eau de cette nappe doit donc avoir une température voisine de + 97° et s'il se trouve une ouverture, telle celle représentée en A, pour permettre à l'eau de s'écouler, en ce point (<u>griffon</u>) existera une source chaude.

Nous avons supposé en B une nappe d'infiltration, mais l'eau peut également se collecter dans un réservoir si les terrains le permettent ; c'est ce qui est figuré dans ce schéma où les roches encaissantes ménagent une cavité.


Ecole Supérieure de Pharmacie de Paris
Bibliothèque

Les Sources thermales ont des températures extrêmement variables puisqu'elles émanent de profondeurs diverses, mais la température est invariable pour la même source. Contrairement aux sources froides ordinaires, leur débit est fixe, indépendant des pluies et des sécheresses, le réservoir par sa profondeur échappe en effet aux variations atmosphériques.

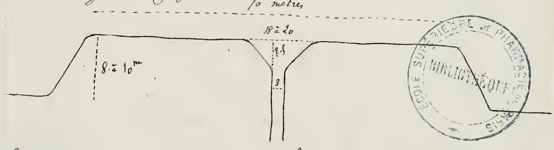
A côté de ces sources thermales qui ne doivent leur température qu'à la profondeur atteinte par les eaux d'infiltration, ~~nous devons citer un deuxième~~ paisibles manifestations de la chaleur interne, nous devons citer un deuxième groupe de sources chaudes. Celles-là se rattachent aux phénomènes volcaniques ; en même temps que l'eau se dégagent, par les fentes de l'écorce, des gaz et des vapeurs. Loin d'être

tranquilles, elles sont plus ou moins tumultueuses, souvent gazéifiées par de l'acide carbonique. Leur type sont les Geysers.

Mais que les sources thermales appartiennent à l'une ou à l'autre de ces catégories, l'eau qu'elles fournissent est plus ou moins minéralisée. Grâce à sa température, elle a pu dissoudre certaines substances et les ~~conserver~~ maintenir en dissolution ; aussi ce sont les sources chaudes qui nous fourniront une grande partie des eaux minérales.

Geysers — Ces appareils particuliers qu'on observe dans les régions volcaniques (Islande, Nouvelle-Zélande, Montagnes Rocheuses) émettent d'une façon intermittente, avec des torrents d'eau liquide ou en vapeur, du gaz acide sulfureux. Leur nom, en langue islandaise, signifie furieux.

On peut les représenter comme des volcans, notre exemple sera le Grand Geyser (Islande) :



ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS
BIBLIOTHÈQUE

Le cône de 8 à 10 mètres de hauteur est en silice concrétionnée (Geysérite), il est tronqué par une plateforme de 70 mètres de diamètre. A son centre se trouve un bassin circulaire dont la partie inférieure ~~se termine par~~ aboutit à une cheminée de 3 mètres de diamètre. La profondeur du bassin circulaire, mesurée au bord de l'orifice central, est de 2m50, sa largeur de 18 à 20 mètres.

Le bassin renferme habituellement une eau transparente, limpide, bleu azur. De temps en temps, à des intervalles assez réguliers — autrefois chaque 24 heures —, le sol s'ébranle autour du geyser, on perçoit des grondements souterrains, l'éruption est proche. Bientôt en effet une colonne d'eau est projetée verticalement hors du bassin, un nuage de vapeurs l'entoure. Après être restée suspendue en l'air durant quelques instants, elle retombe dans la vasque, est projetée de nouveau et plus haut encore que précédemment. Le phénomène se répète ainsi plusieurs fois ; après une dizaine de minutes tout rentre dans l'ordre jusqu'à l'éruption prochaine.

Telle est l'esquisse rapide d'une éruption du Grand Geyser ; avec quelques variantes c'est aussi celle de tous les autres.

Le physicien anglais Tyndall a attaché son nom à la recherche de l'explication des phénomènes geysériens. Soit la coupe du canal central ; à droite, à gauche, comme à la partie inférieure, les conduits qui amènent soit l'eau, soit la vapeur. On a plongé des thermomètres dans l'eau qui remplit constamment la ~~conduit~~ cheminée et on a noté les températures à 3 m 30, 8 m 1, 13 m, 18 m et 22 m 5. Elles sont inscrites sur ce tableau et en regard sont celles nécessaires pour que l'ébullition se fasse à ces mêmes profondeurs sous la pression de la couche d'eau superposée :

	profondeur	température	pour l'ébullition il faudrait
A	3.3 m	85°5	107°
B	8.1 m	110°	116°
C	11 m	—	120°8
D	13 m	121°8	123°8
E	18 m	124°	130°
F	22 m 5	126°	136°

Partout la température observée est donc inférieure à celle qu'il faut pour l'ébullition, mais on voit que c'est vers le milieu de l'appareil, en D, par 13 mètres de profondeur, que la différence entre les deux températures est la moindre. A ce niveau, elle n'est que de 2°, elle augmente quand on s'éloigne de cette tranche et est maximum à la partie supérieure (21°5 en A).

Le système devrait rester en repos puisque la température n'atteint en aucun point celle de l'ébullition, mais il se passe autre chose. En effet, à la partie inférieure de la cheminée, et latéralement sur toute sa hauteur, débouchent des conduits qui amènent les uns, les eaux d'infiltration alimentant le geyser, les autres, des émanations sulfureuses très chaudes. De ces vapeurs, une partie se dissout dans l'eau, l'autre finit par atteindre en F une tension suffisante pour soulever la colonne d'eau. Supposons que la masse liquide soit élevée de 2 mètres, la couche D (13 mètres), va passer en C par 11 mètres de profondeur. L'ébullition en C doit se faire à + 120°8 ; comme l'eau qui était en D a une température de + 121°8, l'ébullition de cette eau sera soudaine, impétueuse et l'énorme quantité de vapeur qui se produit projette au dehors de la cheminée toute l'eau située au dessus de la tranche C.

Ce phénomène se reproduit pendant plusieurs minutes, puis l'eau étant refroidie et la tension des vapeurs moins considérable, le calme reparaît. L'eau qui retombe dans le bassin circulaire rentre dans la cheminée, la partie du liquide qui s'est perdue est remplacée par de l'eau d'infiltration. Toute la masse s'échauffe et quand la tension des vapeurs en F redevient suffisante pour élever la couche D jusqu'en C, on assiste à une nouvelle éruption.

En terminant l'histoire des geysers, nous ajouterons quelques mots sur l'origine des vapeurs sulfurées ou mieux sur le rattachement de ces émanations aux phénomènes volcaniques.

Fumerolles — Tout volcan dégage par son cratère, ou par les fissures que présente le cône, certains produits gazeux. Le rejet de ces vapeurs est à son apogée au moment des éruptions et leur émission en une colonne épaisse de fumée précède l'écoulement de la lave. L'éruption passée, ces émanations ne se traduisent plus que par de petites fumées blanches (fumerolles) qui s'observent aussi à la surface de la lave en voie de refroidissement.

On a divisé les fumerolles en cinq classes:

1° les fumerolles sèches ou anhydres — elles sont formées presque uniquement de chlorures anhydres, le chlorure de sodium domine (au Vésuve jusqu'à 94%). Leur température atteint 500° et plus.

2° les fumerolles acides succèdent aux précédentes. Elles doivent leur nom à la présence des acides chlorhydrique et sulfureux, il y a de plus une grande proportion de vapeur d'eau.

3° les fumerolles froides. La température de celles-ci est inférieure à 100°. Là encore, en plus de vapeur d'eau, on note la présence de gaz acides, ce sont les acides carbonique et sulfhydrique. On leur a donné aussi l'épithète de fumerolles sulfhydriques. Ces émanations persistent longtemps après l'éruption, l'hydrogène sulfuré se décompose au contact de l'air, il se forme du soufre et l'on sait que les dépôts de ce corps sont fréquents dans les pays volcaniques (solfatares).

4° les mofettes. Quand la température s'abaisse encore, les fissures de la lave et celles du cône volcanique émettent des fumerolles riches principalement en acide carbonique, ce sont les mofettes. Ce gaz, plus dense que l'air, s'amasse sur le sol en couches plus ou moins épaisses. La grotte du Chien, aux environs de Naples, est un exemple connu de ces dégagements délétères d'un terrain volcanique.

5° les fumerolles aqueuses. Là, la vapeur d'eau constitue à elle seule les petites fumées blanches qui s'échappent de la surface de la lave presque entièrement refroidie.

En résumé, une coulée de lave donne d'abord des fumerolles sèches, puis acides, enfin la série des fumerolles froides, en y comprenant les mofettes et les fumerolles aqueuses. Or pareille succession que nous venons de voir se faire ~~dans~~ avec le temps a lieu aussi dans l'espace : à mesure que l'on s'éloigne du centre éruptif, du cratère, les fumerolles s'échelonnent dans le même ordre. Des fissures les plus rapprochées de ce point sortent des vapeurs riches en chlorures, plus loin, elles sont surtout composées de vapeur d'eau et des acides chlorhydrique et sulfureux, plus loin encore et l'acide carbonique devient prépondérant.

Considérons maintenant un volcan éteint. Cet appareil peut laisser encore dégager des fumerolles et elles seront d'une composition variant avec le temps depuis lequel les éruptions ont cessé. C'est ainsi que les émanations carboniques sont fréquentes dans la région des Dômes. Les sources thermales sulfureuses (Geysers et autres), comme les sources chargées en gaz carbonique, témoignent que les terrains d'où elles émergent ont été un jour dans la sphère d'activité des phénomènes plutoniens.

Sources thermales d'origine volcanique — Ce que nous venons de dire des fumerolles nous permet de rattacher les geysers, et toute une catégorie de sources thermales aux manifestations qui nous occupent. Leur eau est chaude et gazeuse parce que ~~les~~ des fumerolles chaudes et gazeuses en élèvent la température et la gazéifie ; ~~elle~~ leur eau est minéralisée, car certaines substances contenues dans ce fumerolles s'y sont dissoutes ou que certaines autres sont entrées en dissolution du fait seul de la température du liquide.

Pour Elie de Beaumont, ce sont là les sources thermales principales, les sources thermales accompagnantes sont celles dont nous nous sommes occupés précédemment et qui devaient leur température à la profondeur seule de la nappe d'alimentation.

Les sources thermales principales sont abondamment répandues à la surface de la terre. En France, elles sont nombreuses dans le massif central, les sources du bassin de Vichy en sont un exemple, la fontaine de Saint-Allyre, à Clermont-Ferrand, un autre. Dans la région des Apennins les ~~Dans~~ sources thermales riches en acide carbonique, se

rencontrent en abondance. La grande proportion de ce gaz permet à leurs eaux de dissoudre une quantité notable de carbonate de chaux. Quand elles émergent, l'acide carbonique se dégage, le bicarbonate calcique repasse à l'état de sel neutre qui constitue ces travertins si remarquables à Tivoli et les pisolithes si recherchés ~~par les~~ des touristes.

En Algérie, nous trouvons à Hammam-Meskoutine (bains maudits) des sources analogues aux précédentes. L'eau atteint une température de + 95°; elle est riche en calcaire et elle érige des travertins de même nature que ceux de l'Italie centrale. ~~et de Hiéropolis (Syrie).~~

Dans tous les ouvrages de géologie, on parle des anciens bains de Hiéropolis, près de Smyrne. Là encore, les puissantes masses que l'on admire sont dues aux dépots d'eaux thermales bicarbonatées calciques.


ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS
BIBLIOTHÈQUE

Hydrologie générale

Titre 2

La Chimie et la Physique de l'Eau

Les généralités que nous allons donner ne s'appliquent qu'à l'eau à l'état de pureté. Nous serons bref, renvoyant le lecteur, pour ce sujet, aux Traités de Chimie et de Physique générales.

Composition de l'eau — C'est seulement en 1783 que Lavoisier, avec le concours de Meusnier, reconnut la composition de l'eau. Il la trouva formée d'hydrogène et d'oxygène et fournit à l'appui les preuves synthétiques et analytiques.

Ces chimistes firent la synthèse à l'aide d'un ballon rempli d'oxygène. A l'intérieur de ce ballon, et au milieu des deux boutons métalliques, sortait par un tube effilé, un courant d'hydrogène. Les étincelles électriques qu'on faisait jaillir entre les deux boutons allumaient l'H, celui-ci au fur et à mesure se combinait à l'O ambiant. A la fin de l'expérience, ils recueillirent 160 grammes d'eau, on avait dépensé ce même poids de gaz (H + O). Le calcul poussé plus loin leur apprit que le volume d'O utilisé était exactement la moitié de celui de l'H.

Pour faire l'analyse, Lavoisier et Meusnier eurent recours à la décomposition de l'eau par le fer. L'appareil se composait d'un tube de grès BB contenant un poids connu de faisceaux de fil de fer et chauffé au rouge dans un fourneau à réverbère. A l'une des extrémités était installée par un fourneau une cornue à moitié pleine d'un poids connu d'eau distillée, à l'autre, un serpentin C refroidi

Troost fig. 73 8ème édition

~~La vapeur d'eau non décomp~~

La vapeur d'eau non décomposée par le fer se condensait dans le serpentin, le flacon D servait à la recueillir. L'H fourni par la décomposition ~~[illegible]~~ d'une autre partie de cette vapeur s'accumulait dans la cloche graduée E. En pesant le fer après l'expérience, l'augmentation de poids indiquait le poids d'O contenu dans l'eau décomposée; le poids d'H se déduisait du volume occupé par ce gaz dans la cloche graduée. Enfin, pour avoir le poids de l'eau décomposée, il suffisait de connaître la diminution de poids du contenu de la cornue, en retranchant du chiffre trouvé le poids de l'eau, échappée à l'attaque par le fer, et condensée dans le flacon D.

A la suite de ces deux expériences Lavoisier et Meusnier formulèrent que l'eau est composée à peu près par 2 volumes d'H pour 1 volume d'O.

La décomposition de l'eau par la pile (Carlisle et Nicholson) permit, en 1800, de confirmer ces résultats.

C'est seulement en 1805 que Gay-Lussac et de Humboldt purent préciser dans quelles proportions se combinent l'H et l'O pour faire de l'eau. Ils y parvinrent en faisant la synthèse eudiométrique.

100 cc d'H et 100 cc d'O sont introduits dans un eudiomètre reposant sur la cuve à mercure. On fait passer l'étincelle électrique et après la détonation, on voit que le mercure est monté dans le tube et qu'il reste seulement 50 cc de mélange gazeux. Le phosphore absorbe ce résidu qui est de l'O. 150 cc de gaz ont donc disparu (100 d'H et 50 d'O), ils ont formé la petite couche d'eau qui, ~~surnage~~ dans l'eudiomètre, surnage le mercure.

Ainsi 2 volumes d'H et 1 volume d'O sont exactement employés dans la synthèse de l'eau.

Gay-Lussac et de Humboldt avaient fait la synthèse de l'eau en volumes, Berzélius et Dulong (1820), puis Dumas (1843) firent la synthèse en poids et ce dernier y parvint avec une exactitude absolue.

Nous ne décrirons pas sa méthode par le menu. Elle ~~consistait~~ consiste à décomposer un poids connu d'oxyde de cuivre bien sec et bien pur par un courant d'hydrogène. Sous l'influence de la chaleur, l'oxyde se réduit, il perd de l'O qui se combine avec de l'H pour former ~~de~~ l'eau condensée en B'. Le poids de l'Oxygène qui a

servi à engendrer l'eau est égal à la perte de poids de l'oxyde cuivrique ; quant au poids d'H entré en combinaison on l'obtient en déduisant du poids de l'eau, le poids déjà connu d'oxygène.

Troost fig. 76 8ème édition

L'expérience conduite d'après ces données a appris à Dumas que l'eau est formée de

H	11.111	%	soit $\frac{1}{8}$
O	88.889		

En résumé, 1 gramme d'hydrogène en se combinant avec 8 gr. d'O fournit 9 gr. d'eau.

Propriétés physiques — Pure, l'eau est inodore, sans saveur. Elle entre en ébullition à + 100° centigrades sous une pression de 76 centimètres de mercure. Elle se solidifie à une température qu'on a prise pour le zéro des thermomètres centigrade et Réaumur.

On dit que l'eau augmente de volume en se solidifiant ; actuellement une commission étudie à l'Académie des Sciences si l'augmentation de volume n'est pas due uniquement aux gaz dissous dans l'eau. En effet dans une communication faite à cette Société savante on a soutenu qu'on n'obtient aucune augmentation de volume en congelant de l'eau distillée, privée de gaz, et préservée par une couche d'huile de tout contact avec l'air.

Quoi qu'il en soit, la densité de la glace n'est plus que 0.91674, celle de l'eau étant 1 à + 4°.

Le maximum de densité de l'eau est à + 4° ; au-dessus et au-dessous de cette température, la densité diminue, l'eau occupe un volume plus considérable, l'eau à zéro ~~degrés~~ centigrade n'a plus qu'une densité de 0.999873.

On appelle chaleur spécifique d'un corps, la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température de ~~un~~ 1 kilogramme de ce corps, en supposant qu'il ne change pas d'état. Or de tous les corps connus, c'est l'eau qui possède la plus grande capacité calorifique, on l'a prise pour unité : la chaleur spécifique de l'eau étant 1, celle du mercure n'est que 0.0333, celle du plomb 0.04, celle de la glace 0.504

La quantité de chaleur nécessaire pour transformer

1 kilog. de glace à 0° en 1 kilog. d'eau à 0° est de 79.25 calories, ~~25~~, c'est ce qu'on exprime en disant que la chaleur latente de fusion de la glace est égale à 79.25 calories.(1) Ceci nous apprend qu'il faut autant de chaleur pour élever de 0° à 1° la température de 79.25 kilog. d'eau que pour faire fondre 1 kilog. de glace et obtenir 1 kilog. d'eau à 0°.

De même que chaque kilogr. de glace en fondant absorbe 79.25 calories, inversement l'eau, en se congelant, met en liberté ce même nombre de calories.

Lorsque l'eau passe à l'état de vapeur, on observe des phénomènes analogues. Quand 1 kilogr. d'eau se vaporise, 537 calories passent à l'état latent, ne sont plus sensibles au thermomètre ; inversement, quand 1 kilogr. de vapeur se liquéfie, 537 calories deviennent libres. La chaleur latente de vaporisation de l'eau est donc égale à 537 calories.

Nous avons insisté quelque peu sur les chaleurs spécifique et latente de l'eau à cause des conséquences qui découlent de l'étude de ces faits. Voici comment s'explique M. Troost à ce sujet : « Ces propriétés exceptionnelles empêchent à la surface de la terre les variations brusques de température qui rendraient impossibles l'existence des végétaux et des animaux ; elles expliquent comment, sur les côtes de la mer où l'air est saturé de vapeur d'eau, on éprouve de moins grands froids en hiver, et des chaleurs moindres en été, que dans l'intérieur des continents. En effet, dès que la température s'y abaisse, une certaine quantité de la vapeur d'eau de l'athmosphère saturé se liquéfie, et, restituant sa chaleur de vaporisation, limite l'abaissement de température. Quand, au contraire, la température s'élève, une nouvelle quantité ~~d~~ d'eau passe à l'état de vapeur en ~~abandonnant~~ absorbant de la chaleur, et empêche ainsi une trop rapide élévation de température. » Nous ajouterons deux mots concernant les êtres aquatiques : c'est que la chaleur spécifique si élevée de l'eau leur assure presque l'uniformité de température de l'élément où ils vivent, ou tout au moins ce dernier ne s'échauffe-t-il que lentement. Nous y reviendrons quand nous parlerons de l'eau et des bains de mer.

---

(1) La <u>calorie</u> ou <u>unité de chaleur</u> est la quantité de chaleur qu'il faut employer pour élever de 1° la température de 1 kilogr. d'eau, elle se confond par définition avec la chaleur spécifique de l'eau.

Tout ce que nous venons de dire se rapporte à l'eau considérée à l'état pur, or une telle eau ne peut exister à la surface de la terre, car ce liquide possède un pouvoir dissolvant remarquable pour les gaz, les liquides et les solides avec lesquels il est en contact.

Dissolution des gaz — Les gaz se dissolvent dans l'eau d'après les deux lois suivantes :

1° L'eau en contact avec une atmosphère indéfinie d'un gaz, en dissout un volume qui, ramené à la pression de cette atmosphère, est, pour une température donnée, dans un rapport constant avec le volume du liquide (Henry, 1803).

Ce rapport constant s'appelle le coefficient de solubilité du gaz, il varie avec la température et est d'autant plus faible que la température est plus élevée.

Considérons l'oxygène. Son coefficient de solubilité est 0.04114 à 0°, c'est à dire que 1000^{cc} d'eau à 0° dissolvent 41^{cc}14 d'oxygène, eh bien ce coefficient à +15° n'est plus que 0.02989, un litre d'eau n'en dissout plus alors que 29^{cc}89.

La loi ~~de~~ d'Henry nous indique qu'un volume donné ~~de gaz~~ d'eau dissout un poids de gaz proportionnel à la pression que le gaz non dissous exerce sur le liquide. En augmentant la pression du gaz, un plus grand poids se dissoudra dans l'eau ; en ~~d~~ diminuant cette pression, en faisant par exemple le vide, le gaz dissous abandonnera le liquide et se dégagera même en totalité.

2° L'eau, en présence d'une atmosphère formée de plusieurs gaz, dissout chacun d'eux comme s'il était seul, avec la pression qu'il possède dans le mélange (Dalton, 1805).

Or l'air atmosphérique est un mélange de 79.2 d'azote pour 20.8 d'oxygène, soit, en chiffres ronds, 4/5 d'azote pour 1/5 d'oxygène. Si l'eau est en contact avec un tel mélange, elle va, d'après la loi de Dalton, dissoudre l'azote comme s'il existait seul, mais avec une pression égale aux 4/5 de la pression totale ; elle dissoudra aussi l'oxygène, comme s'il était seul, mais pour lui la pression sera seulement du 1/5 de la pression totale. C'est ce qui arrive : dans l'air extrait de l'eau on trouve environ :

67 d'Azote
et 33 d'Oxygène %

[library stamp]

et le calcul, en nous servant des coefficients de solubilité à 0°, nous permet d'arriver à des chiffres très voisins :

$$\frac{(O)\ 0.04114 \times \frac{1}{5}}{(Az)\ 0.02035 \times \frac{4}{5}} = \frac{0.00823}{0.01628} = \frac{1}{1.978}$$

en forçant un peu la part de l'azote, cette fraction devient $\frac{1}{2}$ ou $\frac{33}{66}$.

Nous sommes au courant des deux lois de solubilité des gaz dans l'eau, nous venons d'apprendre incidemment que l'eau renferme de l'O et de l'Az, mais l'air atmosphérique contenant aussi de l'acide carbonique nous devons en trouver dans l'eau, c'est ce que nous verrons quand nous traiterons de l'analyse des eaux potables.

Dissolution des substances minérales — L'eau dissolvait les gaz avec lesquels elle est en contact, de même elle dissout les substances minérales ; mais alors que la solubilité des gaz décroît avec la température, celle des matières qui nous occupent suit la progression inverse : elle augmente avec la température. Les exceptions à cette règle sont peu nombreuses : le sulfate de chaux est moins soluble à chaud qu'à froid, le sel marin est à peu près également soluble à toute température ; la solubilité du sulfate de soude augmente jusqu'à + 33°, puis diminue si la température continue à monter.

Si l'eau qui circule dans le sous-sol, ou à la surface du globe, était à l'état de pureté, elle ne dissoudrait que bien peu de minéraux : le sel marin et le sulfate de chaux (gypse) seraient à peu près seuls entraînés en solution. On a en effet calculé que, à la température de + 15°, il faut 50000 p. d'eau pure pour dissoudre 1 p. de carbonate de chaux et plus de 200000 pour 1 p. de silicate d'alumine.

Dans les eaux pluviales nous avons affaire à un agent dissolvant d'une bien autre puissance, car ~~elles eaux~~ elles renferment de l'oxygène et de l'acide carbonique. Mr Péligot a trouvé que sur les 25 cc de gaz contenus dans un litre d'eau de pluie, 7 cc 8 appartiennent à l'oxygène et 0 cc 6 à l'acide carbonique ; le reste est formé d'azote. Or une telle eau chargée de CO^2 a la propriété de dissoudre le carbonate de chaux, elle le transforme en bicarbonate plus soluble ; elle décompose les silicates de soude, de potasse, de chaux, de fer, elle touche un peu à tous les minéraux et à toutes les roches. Donnons quelques exemples :

Nous venons de voir que le calcaire exige pour se dissoudre 50.000 fois son poids d'eau pure, or il n'en faut plus que 1000 d'une eau chargée de gaz carbonique : la solution est donc 50 fois plus facile.

Les feldspaths, qui sont si répandus dans les roches éruptives, sont formés d'une part de silicate d'alumine, de l'autre d'un silicate alcalin ou alcalino-terreux. L'acide carbonique de l'eau transforme les silicates du second groupe en carbonates qui entrent en solution ; le silicate d'alumine, mis en liberté, forme une substance voisine du kaolin, aussi donne-t-on le nom de Kaolinisation à cette désagrégation des roches feldspathiques.

Les silicates ferrugineux des groupes amphiboles et pyroxènes s'altèrent d'une façon identique ; comme plus haut il s'en suit la désagrégation des roches qui les renferment. L'eau agit sur le silicate, le transforme en carbonate ferreux, qui au contact de l'oxygène se convertit en oxyde de fer, c'est la limonite (oxyde de fer hydraté) reconnaissable à sa couleur. Une partie de l'oxyde ferrique entre en dissolution, on le retrouve dans l'eau à l'état de bicarbonate de fer.

En résumé, le résultat de l'action dissolvante d'une eau chargée de gaz carbonique est que toute eau qui circule à la surface de la croûte terrestre, ou qui s'est infiltrée à travers ses couches superficielles, est plus ou moins riche en substances minérales. Parmi elles, citons : le sel marin, les sulfates de chaux et de magnésie, les bicarbonates de chaux, de magnésie, de fer, de manganèse, les carbonates alcalins, le sulfate ferreux, l'acide silicique, etc. Ce sont ces mêmes substances que nous allons retrouver dans les eaux potables.

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS BIBLIOTHÈQUE

Hydrologie spéciale

Que les eaux proviennent de rivières, de sources, de puits artésiens, etc, elles sont dans toutes plus ou moins minéralisées. Lorsque la quantité de substances minérales en dissolution est si faible qu'elles ne possèdent pas de saveur particulière, les eaux sont ~~dites~~ douces, dans le cas contraire elles sont minérales. Le premier groupe nous offre à étudier les eaux potables; le second, celles ~~eaux~~ qui sont employées en thérapeutique et auxquelles on doit réserver l'épithète de médicinales. Nous ~~ferons~~ réserverons une place pour l'eau de mer dans le groupe des eaux minérales. Donc :

- Eaux douces (Eaux potables)
- Eaux minérales
  - Eaux médicinales
  - Eau de mer

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE — BIBLIOTHÈQUE

1ère Partie

Eaux potables

Définitions — On appelle ainsi les eaux qui peuvent servir à l'homme pour son alimentation, ce sont à proprement parler les eaux de boisson (potus, boisson). Une eau peut être rangée dans cette catégorie quand l'analyse chimique et bactériologique, ou bien encore un usage prolongé, a démontré son innocuité parfaite sur l'organisme.

Le rôle de l'eau dans l'économie animale est multiple: elle étanche la soif, aide à la déglutition, favorise la digestion, sert à constituer les tissus; dans l'économie domestique, elle est employée pour préparer les aliments, cuire les légumes, laver le linge, etc

L'eau distillée n'est pas une eau potable, car l'eau potable est un aliment et l'eau distillée ne peut livrer ~~pas~~ à l'organisme les matériaux qu'une eau potable ~~lui~~ doit lui apporter. En effet, toute substance minérale qui a son représentant dans nos tissus et que les aliments habituels ne contiennent qu'à trop faible dose (carbonate de chaux, par exemple) doit exister dans les eaux de boisson.

On connaît l'état de cachexie, les arrêts de développement qui frappent les habitants des montagnes, c'est que ceux-ci

n'ont souvent d'autre eau à leur usage que le produit de la fonte des glaciers.

Le Dr Maurel rapporte le fait que dans certaines parties de la Guyane, la terre est pauvre en substances calcaires (carbonate, sulfate, phosphate); les eaux qui ruissellent sur ce sol sont donc elles-mêmes peu chargées de ces principes. Or, dans ces conditions de milieu spéciales, il a observé sur les habitants certains phénomènes, tels que la lenteur de ~~la~~ consolidation des fractures, la fréquence de la carie dentaire, le peu de rapidité de l'ossification normale.

Mais en tout il y a une limite et il ne faut pas que notre boisson renferme un excès de substances minérales utiles ou non apporte des matériaux qu'on ne trouve pas dans l'organisme. Une trop grande quantité de carbonate de chaux nuit à la digestion et à la cuisson des légumes, prédispose à l'athérome et aux calculs hépatiques et rénaux. Une eau très riche en calcaire doit donc être rejetée de la consommation, de même qu'une autre qui contiendrait des sels d'alumine ou des matières organiques.

En résumé, pour qu'une eau soit potable il faut que l'analyse y dénote la présence d'une proportion convenable de substances minérales (carbonates de chaux et de magnésie, traces de fluorures, chlorure de sodium, silice) et l'absence de tout autre sel. A faible dose, le sulfate de chaux paraît inoffensif.

Caractères des eaux potables — Une eau potable doit être limpide, incolore, sans odeur, fraîche, d'une saveur légère ~~et~~ et agréable, aérée, exempte de matières organiques; elle doit tenir en dissolution une proportion de substances minérales telle que cette eau ne soit ni saumâtre, ni salée, ni douceâtre et qu'elle permette la cuisson parfaite des légumes. Elle doit dissoudre le savon sans trop former de grumeaux, ne pas se troubler sensiblement si on la fait bouillir. Evaporée, elle doit laisser un faible résidu et ne donner aucune odeur après quelques jours de conservation en vase clos.

Donnons quelques détails sur chacun de ces signes.

Limpidité — Elle n'existe à l'état parfait que si l'eau ne renferme pas de matériaux en suspension. On peut l'apprécier à l'aide de deux éprouvettes allongées, posées sur du papier blanc; on remplit l'une d'eau distillée, l'autre de l'eau à expertiser. Si celle-ci est pure, la transparence et la coloration

sont identiques dans les deux récipients regardés de haut en bas ; si elle est trouble, on ne voit pas le blanc du papier et le liquide paraît vert, jaune, brunâtre, laiteux, etc.

Si l'on veut approximer la proportion de matières qui troublent l'eau on peut recourir au procédé de Belgrand : on dépose au fond d'un vase une pièce de 5 frs à surfaces bien brillantes, puis on verse l'eau à essayer ; quand la pièce devient invisible on calcule la hauteur du liquide qui la recouvre. Avec un millième de produits en suspension la pièce n'est plus visible sous une épaisseur de 0m05, avec 1/40.000 il faut un mètre de liquide pour atteindre le même résultat.*

La limpidité absolue se constate par le procédé suivant : on entoure d'un papier noir un vase de verre à parois cylindriques et d'un certain volume, puis on perce dans le papier deux fenêtres diamétralement opposées. On emplit le vase de l'eau à examiner, par les ouvertures on fait passer un rayon de soleil et en même temps on regarde par la partie supérieure du vase. Si le liquide est absolument limpide, le rayon solaire n'est pas visible ; mais s'il y a quelques particules en suspension, celles-ci réfléchissent la lumière qu'elles reçoivent et une bande lumineuse apparaît au sein de l'eau.

Une eau trouble est toujours désagréable à boire, c'est la raison pour laquelle une eau potable doit être aussi limpide que possible.

*Coloration — L'eau n'est incolore que sous une faible épaisseur. En masse elle présente des teintes variées.

Avec M. Gérardin, on peut réunir les eaux naturelles, examinées au point de vue de leur coloration, dans les deux catégories : <u>eaux bleues</u> et <u>eaux vertes</u>

Les premières sont les plus pures. Spring a d'ailleurs montré que la couleur vraie de l'eau pure est le bleu, c'est celle de l'eau distillée sur le permanganate de potasse, recueillie dans un serpentin de platine et vue sous une épaisseur de 5 mètres.

Elles sont transparentes, ne réfléchissent pas les objets, se conservent sans s'altérer. Elles renferment 7 à 8cc d'O dissous par litre.

Avec une <u>eau bleue</u> on peut obtenir une <u>eau verte</u>, il suffit de la conserver stagnante dans un bassin. Peu à peu la coloration primitive passe au vert, en même temps

les caractères indiqués précédemment disparaissent. L'eau bleue dégénérée devient odorante, prend une saveur désagréable, réfléchit les objets, elle se charge de matières organiques en décomposition. A l'état d'eau verte la proportion d'O oscille entre 0^{cc} et 11^{cc}. La coloration verte est due aux algues qui se sont développées dans l'eau stagnante, entre autres Chroococcus virescens.

Avec Griffith et Henfrey, on peut établir le tableau suivant qui indique quels sont les organismes causes des diverses colorations des eaux :

Coloration	verte	Protococcus, Clathrocystis, Euglena, Desmidiées
	rouge	Protococcus rouges
	brun obscur	Oscillariées, Diatomées, Infusoires, Rotifères
	brun jaunâtre	Leptothrix
Teinte laiteuse		Rotifères et Infusoires de grande taille

BIBLIOTHÈQUE

Nous pouvons ajouter que la coloration jaune est souvent produite par les particules minérales ou organiques que les eaux tiennent en suspension.

Au total, les eaux bleues sont les plus pures, et par ordre décroissant viennent les eaux : vertes, vert-jaunâtres, jaunes, brunes.

Une eau peut être considérée comme potable quand, examinée dans un tube de $1^{m}50$, elle ne présente d'autre teinte que le bleu.

Odeur et Saveur — Une eau odorante ne doit pas être consommée plus qu'une autre dont la saveur n'est pas franche et agréable.

Pour apprécier l'odeur d'une eau il est bon de la chauffer entre + 40 et 50°, on lave avec cette eau l'intérieur d'une éprouvette au-dessus de laquelle on aspire ensuite par le nez.

Si l'eau potable est de bonne qualité, exempte de matières organiques, elle se conserve une quinzaine de jours en vase clos sans prendre aucune odeur.

La fadeur d'une eau indique sa pauvreté en substances minérales, les saveurs douceâtre et saumâtre, un excès de sulfate de chaux ou un mélange de ce sel avec du chlorure de sodium ; l'amertume dévoile l'existence de sels magnésiens, un goût terreux celle des composés de l'alumine.

Température — La température à rechercher pour une eau potable est celle de + 12°, une telle eau est agréable à boire en été comme en hiver, elle est fraîche à la bouche, stimule l'appétit et favorise la digestion. L'eau tiède a des effets contraires, l'eau froide (0° à + 4°) prédispose aux coliques et aux crampes d'estomac. Cependant en tout ceci il n'y a rien d'absolu, car les Chinois boivent leur thé bouillant et les Groenlandais l'eau de fusion de la glace sans aucun inconvénient pour leur santé.

Aération — L'eau renferme en dissolution une certaine proportion de gaz, elle les emprunte à l'atmosphère. On y trouve donc de l'oxygène, de l'azote, du gaz carbonique (nous ne nous occupons pas de l'ozone, ni du nouveau gaz découvert dans l'air, l'argon), et certains composés gazeux qui peuvent souiller l'atmosphère, tels que l'ammoniaque, les hydrogènes sulfuré et phosphorés, le gaz d'éclairage. Or ces derniers corps étant odorants, une eau potable ne doit contenir que Az, O et CO^2, et il faut de ceux-ci une quantité convenable car une eau non aérée est lourde et désagréable.

D'après Boussingault et de Saussure, une eau potable doit renfermer par litre 25 à 30cc de gaz formés de

O	27.27		30.55	%
Az	63.63	à	62.03	
CO^2	9.09		7.40	

L'eau de pluie qui dégage seulement 23cc de gaz ~~(Péligot)~~ ~~serait donc sous ce rapport à la limite des eaux potables~~

Eau de pluie (Péligot)				
	O	32cc 15		7cc 4
	Az	65cc 66	~~ou~~	15cc 1
	CO^2	2cc 19		0cc 5
		100cc		23cc

serait donc sous ce rapport à la limite des eaux potables, si l'on devait attacher une bien grande importance à l'observation des proportions données ci-dessus.

Il est ~~utile~~ nécessaire de faire le dosage des gaz de l'eau, principalement de l'O, parce que la diminution de cet élément indique le plus souvent une eau riche en matières organiques ; il en est de même quand on constate un excès de CO^2, mais on n'a jamais remarqué que

l'ingestion d'eau distillée et non aérée — cas fréquent sur les navires — ait été nocive pour l'organisme.

Les eaux courantes remplissent toujours les conditions d'aération requises pour une bonne eau de boisson; mais il faut remarquer que si la rivière est peu profonde et le courant peu rapide, l'eau s'échauffe et laisse dégager peu à peu une grande partie des gaz dissous. On voit alors les poissons venir à la surface respirer une eau plus oxygénée. Voilà un exemple de l'utilité que l'eau ait une chaleur spécifique aussi élevée.

Nous indiquerons plus loin (Analyse quantitative) le dosage des gaz en solution dans l'eau.

Substances minérales en dissolution — En quelles proportions une eau potable doit-elle être minéralisée? Un bon criterium consiste à soumettre à l'analyse les eaux bues par des populations saines. On apprend ainsi que le total des matières minérales pour un litre peut varier de 0.gr15 à 0.50 (il oscille entre 0.20 et 0.30, dont la moitié formée de carbonate de chaux, pour les meilleures).

Une eau dans laquelle la proportion de calcaire dépasse 0.50 par litre trouble par l'ébullition, incruste les tuyaux de conduite, cuit mal les légumes, est impropre au savonnage — il se fait des composés insolubles avec la légumine ou avec les acides gras du savon — ; elle est de mauvaise digestion, on la dit crue, dure ou lourde. Il en est de même d'une eau trop chargée de sulfate de chaux (eau séléniteuse); de celles qui contiennent une quantité un peu notable de sels magnésiens (sulfate et chlorure), de chlorure de calcium, etc.

Le chlorure de sodium et les sulfates alcalins (K et Na) contribuent à donner à l'eau sa saveur. Si le sel marin atteint une proportion de 0.50 par litre, l'eau est saumâtre, désagréable; elle n'est dangereuse que si ce sel a une source impure (fosses d'aisances, urines).

Sainte-Claire-Deville a trouvé de la silice en petite quantité (0.008 à 0.05) dans toutes les eaux des fleuves de France. Les fluorures découverts dans plusieurs des mêmes eaux proviendraient de la décomposition des minéraux fluorifères (micas, tourmaline, etc).

Une proportion inférieure à 0.10 par litre, d'iodures, bromures, azotates, sels ammoniacaux, n'a aucun inconvénient, comme pour le sel marin nous faisons des réserves sur la question

37

d'origine.

Le fer donne à l'eau potable, qui en renferme une certaine quantité, une saveur particulière; mais rarement on en rencontre plus de 0.001, il y est à l'état de sulfate, crénate ou bicarbonate, et souvent avec Mn, Ni, Co.

Les composés à base de plomb, mercure, arsenic, Cu, Zn, etc ont presque toujours une origine industrielle; leur présence doit faire tenir l'eau pour suspecte. Le Pb, le Cu, le Zn, peuvent venir des tuyaux de conduite; l'eau de pluie entraîne plus du premier de ces métaux qu'une eau chargée de bicarbonate de chaux et en général que toute eau qui a couru à la surface du sol.

En résumé, une eau potable ne doit pas donner plus de 0.50 par litre d'un résidu où le carbonate de chaux à la prépondérance. Le tableau suivant est la liste des substances minérales qui peuvent l'accompagner:

Fixes	Volatiles, décomposables par la chaleur
carbonate de magnésie	sels ammoniacaux (carbonate, azotate, azotite, sulfate, etc)
chlorures (Na, K, Ca, Mg)	
sulfates (Ca, Mg, Na)	
azotates (K, Ca)	
iodures et bromures	
fer (sulfate, crénate, bicarbonate)	
fluorures	
acide silicique et silicates	
alumine	

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS
BIBLIOTHÈQUE

Classification des eaux potables — On peut établir deux groupes principaux: Eaux courantes et Eaux stagnantes. Les premières sont vives, légères, agréables; les autres, lourdes, mal aérées, indigestes. Chacun de ces groupes fournit les subdivisions suivantes:

Eaux courantes:
- Eaux de sources (puits artésiens)
- — de rivières ou de fleuves
- — de canaux, fossés, drains
- — de montagne (glaciers, lacs)

Eaux stagnantes:
- Eaux de citernes (ou de ~~puits~~ pluie)
- — de puits, puisards
- — d'étangs, de marais
- — de mares

Passons en revue chacune de ces catégories d'eau potable.

Eaux de sources — Elles sont souvent excellentes, exemptes de microbes, puisqu'elles sont filtrées dans leur parcours souterrain. Elles ont sur les autres l'avantage d'avoir une température et une composition constante, d'être limpides. A la source même, elles sont presque pures de matières organiques; celles contenues dans le sol ayant été brûlées, oxydées, elles sont pauvres en oxygène, mais riches en CO^2. Au total, cependant, elles sont peu aérées.

Les eaux de sources sont mauvaises quand l'eau a traversé des terrains d'alluvions (matières organiques), ou des couches de gypse, de sel gemme, etc. Elles sont médiocres quand le sol est calcaire, car le CO^2, provenant de la décomposition des matières organiques, dissout beaucoup de carbonates calcaire et magnésien. Elles deviennent de première qualité avec un terrain constitué de sable siliceux.

Sources captées par	Honfleur	$0^{gr}.33$	de résidu sec par litre
—	Hâvre	0.36 à 0.90	
—	Fécamp	0.17 à 0.37	
—	Paris (Dhuis)	0.29	
—	— (Arcueil)	0.52	
—	Dijon	0.26	

Tout ceci s'applique à l'eau des puits artésiens dont la seule différence avec l'eau de source est de venir de nappes beaucoup plus profondes. La proportion de substances minérales varie avec la nature des matériaux constituants les nappes; ainsi le puits de Passy laisse un résidu de 0.141, alors qu'un puits à Tours donne 0.32 et un autre à Loudun près de 1 gr. par litre.

Eaux de rivières ou de fleuves — Les rivières proviennent soit des eaux d'infiltration par l'intermédiaire des sources, soit du ruissellement par celui des torrents; leur eau variera donc de composition suivant la nature des terrains lavés en profondeur, ou lavés en surface.

Ces eaux sont plus aérées que les eaux de sources, elles sont toutefois moins riches en CO^2 et par suite plus pauvres en carbonates calcaire et magnésien. Elles sont ordinairement troubles à cause des éléments solides qu'elles tiennent en suspension et d'autant plus, que leur régime est plus variable. Leur température n'est plus constante, mais réglée par celle de l'atmosphère. Enfin elles renferment, surtout au sortir des villes, une

forte proportion de matières organiques, fournies par les égouts et les industries : à ce point de leur parcours la proportion d'O s'abaisse, celle de l'AzH^3 et de ses composés, celle des matières organiques augmentent.

Parmi ces eaux les meilleures sont celles de grands fleuves à régime stable, ~~...~~ rapides, coulant sur un sol siliceux et puisés en amont des villes. Dans ces conditions, elles sont aérées, limpides, pauvres en matières organiques, suffisamment chargées de substances minérales. Au sortir des grandes cités, après un parcours plus ou moins long, l'eau des rivières est purifiée et redevient potable : c'est la lumière qui joue le principal rôle dans l'épuration spontanée des eaux courantes.(1)

Le résidu fixe laissé par un litre ~~...~~ d'eau des différentes rivières varie de 0.10 à 0.50. Ainsi :

Rhône à Lyon	0.107
Moselle à Metz	0.116
Saône à Lyon	0.141
Marne avant la Seine	0.180
Seine avant la Marne	0.178
Rhin à Strasbourg	0.232
Loire à Firminy	0.350

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE — BIBLIOTHÈQUE — PARIS

Eaux des canaux, fossés, drains — Les eaux de canaux ont à un degré plus élevé les inconvénients des eaux de rivières ; les meilleures sont naturellement celle des canaux bien entretenus.

Les eaux de fossés et de drains ont toujours un goût désagréable. Séjournant plus que les précédentes sur le sol, elles entraînent en solution une plus forte proportion de matières organiques, elles sont peu aérées, on doit les rejeter de la consommation.

Eaux de montagne — On appelle ainsi les eaux qui proviennent de la fonte des neiges et des glaciers. A leur origine, elles sont presque pures, peu minéralisées, mal aérées, ce ne sont pas alors des eaux potables bien qu'elles soient privées de matières organiques. ~~Alors qu'elles sont~~ Les auteurs ne sont pas d'accord sur la part qu'on doit leur accorder dans l'étiologie du goître et du crétinisme goîtreux. Alors qu'elles constituent les torrents, ces eaux s'aèrent, se minéralisent, ~~se~~ s'échauffent et acquièrent finalement les qualités d'une eau de boisson.(2)

note de la page 40

(1) Journal de Pharmacie et de Chimie, 1er mai 1894

En certains points du cours des torrents et des rivières torentielles, quand la pente de la vallée est peu accentuée, l'eau s'arrête en masse plus ou moins considérable, s'étend sur une large surface et constitue un lac. Arrivée dans ce réservoir naturel, l'eau se purifie ; la vitesse diminuant, les matériaux charriés se déposent, aussi l'eau des lacs est-elle en général limpide. Ces eaux jouissent souvent de toutes les qualités d'une excellente eau potable : elles sont aérées, suffisamment minéralisées, pauvres en matières organiques, sauf le cas où le voisinage de l'homme l'expose aux mêmes souillures que les rivières.

Dans les lacs proprement dits l'eau est constamment renouvelée puisqu'elle entre d'un côté et s'échappe par l'autre ; les quelques mots que nous avons dit de leurs eaux nous amènent naturellement à l'étude des Eaux stagnantes.

Eaux de citernes — Une citerne étant un réservoir où l'on recueille et conserve les eaux pluviales, parlons d'abord de l'eau de pluie.

Les eaux météoriques seraient absolument pures si en tombant elles ne balayaient l'athmosphère ; elles entraînent donc à l'état de suspension ou de dissolution un peu des substances que l'athmosphère renferme. Ces matériaux sont de trois ordres : gazeux, minéraux, organiques.

Les gaz normaux de l'air : O, Az, CO^2 sont dissous par l'eau de pluie ; s'il se trouve d'autres gaz (hydrogènes sulfuré ou carbonés, acide sulfureux, ammoniaque), ils le seront également. La nature des minéraux varie avec la constitution géologique du lieu, ~~le~~ avec les matériaux dont sont formés les édifices, avec les industries locales. Cependant on rencontre toujours du sable, du carbonate de chaux, des poussières charbonneuses, des cendres, du soufre (près des volcans), des corpuscules ferrugineux et de nickel (éléments des météorites). Les ophthalmies qui sont si fréquentes dans le Sahara ne reconnaîtraient d'autre cause que l'abondance dans l'air de lamelles siliceuses (les Touareg se voilent la face pour protéger

---

(2) Aujourd'hui la théorie de Boussingault (manque d'aération de l'eau) perd du terrain. D'ailleurs l'eau que boivent les montagnards atteints par l'endémie goîtreuse est très aérée, puisque les truites y vivent. Il y a autre chose que l'on ignore dans l'étiologie de cette affection ; nous n'avons pas à y insister dans un ouvrage de cette nature. Qu'il nous suffise d'ajouter que les Groenlandais qui ne boivent que des glaçons fondus et nullement aérés ne connaissent pas le goître !

leurs yeux de leur contact).

Après un orage, l'air renferme d'autres composés minéraux. Sous l'influence des décharges électriques, l'Azote se combine à l'O pour former de l'acide azotique, il s'unit à l'H de l'eau pour faire de l'AzH^3, il s'en suit que l'atmosphère se charge d'azotate et d'azotite d'ammoniaque, de carbonate d'ammoniaque, sans compter les corps gazeux : ammoniaque, ozone, etc.

Les matières organiques sont peut-être encore plus intéressantes. Celles qui prédominent à la campagne et dans les pays boisés sont les débris végétaux (poils de plantes, aigrettes, diatomées, grains de pollen — pluies de soufre —) ; dans les villes, ce sont surtout les débris de vêtements, d'aliments (grains de fécules), les microbes, etc.

L'Océan aérien a donc ses alluvions. M. G. Tissandier donne des chiffres éloquents. Il a calculé qu'à Paris 1^{m3} d'air renferme de $0^{gr}006$ à 0.023 de poussières. Ne prenant que le chiffre le plus faible, il arrive à cette conclusion qu'une couche d'air de 5 mètres d'épaisseur sur la surface du Champ de Mars de Paris ou 500000^{m2} contient 15 Kilog. de poussières ! Qu'il pleuve, et la pluie se charge non seulement des gaz, mais d'une partie de ces impuretés.

Isidore Pierre de son côté, a montré l'importance des précipitations atmosphériques pour la fertilisation du sol. Il dit qu'un hectare de terre dans les environs de Caen reçoit par an 59 Kilog. de chlorures, 93 de sulfates, 26 de chaux, 5 d'azotate d'ammoniaque et 58 de matières organiques.

L'eau de pluie représente donc l'association de l'eau à une infinité de corps, elle renferme cependant trop peu de matières minérales (0.04 par litre de carbonate de chaux) et trop de matières organiques pour être potable. Nous avons vu antérieurement que son aération est au plus suffisante (23^{cc} de gaz).

Les matières organiques contenues dans l'eau météorique et qui attirent spécialement l'attention, sont les microbes. A Montsouris, dans un litre d'eau de pluie, on a compté 35.000 germes, mais d'après M. Miquel les microbes de l'air ne sont pas pathogènes (exception toutefois pour l'air des hôpitaux). Parmi ces organismes, les microcoques sont les plus nombreux, les M. chromogènes

(M. aurantiacus, prodigiosus) sont fréquents et dans certains cas leur abondance a pu faire croire à des pluies de sang. C'est ainsi que J. Brun (de Genève) a vu au Maroc une de ces pluies dont les gouttes sur les rochers imitaient à s'y méprendre des taches de sang. Ce phénomène était dû à la présence d'un nombre immense de petites algues d'un rouge vif qui abondent dans la vase des chotts sahariens (Protococcus fluviatilis).

Nous indiquerons plus tard la recherche des microbes dans l'eau. Pour recueillir ceux de l'air et les cultiver, le principe consiste à faire passer un courant d'air à travers une couche d'ouate ou à le projeter par aspiration sur une lame enduite de glycérine (Aéroscope de Pouchet). En examinant cette lame directement au microscope on peut se rendre compte de la nature d'un certain nombre de poussières organiques ou minérales.

L'eau de pluie n'est donc pas de l'eau potable et cette longue digression nous l'apprend amplement, cependant en beaucoup de lieux (Cadix, Venise, Aden, etc) on est dans l'obligation d'en faire usage pour la boisson. On la recueille alors dans des citernes, mais avant d'y arriver l'eau de pluie lave les surfaces sur lesquelles elle coule, elle dissout ou entraîne une grande quantité de matières organiques ou minérales (plomb des gouttières, des toitures, etc), aussi faut-il la filtrer avant son entrée dans la ~~citerne~~ réservoir.

Les citernes doivent être construites en pierres meulières cimentées avec du mortier à la chaux hydraulique, être faciles à nettoyer, placées à l'abri de la lumière, des variations thermométriques et des souillures du dehors. Avec le temps une grande partie des microbes finit par disparaître et l'eau, se chargeant de substances minérales au contact des parois du réservoir, devient potable.

[E]aux de puits, puisards — Elles proviennent des nappes souterraines et sont bonnes quand l'infiltration s'est produite dans un terrain calcaire ou siliceux et que la nappe est éloignée des causes de contamination; l'eau est fraîche, peu aérée, elle présente alors les caractères propres aux eaux de sources. Mais le plus souvent les puits sont creusés près des habitations, des infiltrations malsaines se produisent, l'eau se charge d'une proportion surabondante de chlorures, renferme du nitrate d'ammoniaque, des bacilles de la fièvre typhoïde (Brouardel), du choléra, etc, elle est mauvaise. Si le terrain ~~[illegible]~~ est gypseux, l'eau mal renouvelée se sature de sulfate de chaux, c'est le cas des puits de Paris et de ses environs.

Ces eaux ne doivent être bues qu'autant que le puits ait une paroi faite de meulières jointoyées au ciment, qu'il soit protégé contre les souillures extérieures par une margelle saillante et par un couvercle. Quant à l'eau elle-même on peut conclure avec Blondeau qu'elle ne doit pas contenir par litre plus de 0.5 de matières minérales — avec 1 gr elles sont impropres à la cuisson des légumes et au blanchissage —, ni plus de 0.02 de matières organiques. La saveur terreuse que présente souvent l'eau de puits est dûe à l'alumine enlevée au revêtement de la paroi.

Nous avons dit que l'eau des puits de Paris est chargée de sulfate de chaux, elle ne serait bonne à aucun usage si on ne la voyait préférée des boulangers et des brasseurs. Chez les premiers, à cause de sa basse température, elle régularise durant l'été la fermentation du levain. Chez les autres, son emploi est basé sur l'observation suivante. Quand on épuise le malt par de l'eau distillée, le liquide est trouble, laiteux, il se putréfie vite ; avec une eau séléniteuse ce même liquide est limpide et de meilleure conservation. La matière albuminoïde a pour ainsi dire été lutée, elle est demeurée dans l'orge. Dans le Wurtemberg, c'est une eau séléniteuse qui sert à faire la bière.

Eaux d'étangs, de marais, de mares — Elles sont formées par les eaux pluviales se collectant sur un sol argileux, non perméable. Comme toutes les eaux stagnantes elles sont peu aérées, mais si l'étang entretient une flore abondante elles peuvent renfermer une proportion notable d'oxygène — respiration chlorophyllienne —. Elles sont en général assez peu minéralisées et à température variable. Leur impotabilité tient à la présence fréquente de gaz putrides (hydrogènes phosphorés, carbonés et sulfuré) et surtout à l'abondance des matières organiques, les unes en décomposition, les autres vivantes (infusoires, rotifères, crustacés, anguillules, oeufs d'helminthes, algues, microbes, etc). Ceux-ci, en particulier, trouvent dans l'eau d'étang un milieu éminemment propice à leur développement et à leur multiplication ; le liquide où ils vivent n'est en réalité qu'une macération de matières organiques, un véritable bouillon de culture.

En résumé, les eaux dont nous nous occupons sont impotables et si on était obligé de les boire (Bresse et pays de Caux) il faudrait les faire bouillir, les filtrer et

finalement les aérer. Quand, dans le pays de Caux, le paysan normand coupe son cidre, il le fait avec de l'eau de la mare voisine et ne prend pas ces précautions. Mais il s'agit là d'une boisson alcoolique et l'alcool à la longue tue les microbes certainement introduits.

Essai des Eaux potables

Analyse qualitative — Il est facile de se faire une idée sur la valeur d'une eau. On examine si elle est limpide, inodore, fraîche, sans arrière-goût ; puis on emplit un ballon avec l'eau à essayer et on chauffe à +40°, des bulles gazeuses apparaissent sur la paroi de verre, leur nombre donne une appréciation de l'aération. Ce renseignement noté, on continue à chauffer, on maintient l'ébullition pendant une demi-heure, le dépôt permet d'évaluer grossièrement la teneur en carbonates calcaire et magnésien. Ces sels étaient en solution à l'état de bicarbonates, l'ébullition a chassé le CO^2 et ils se précipitent sous la forme de carbonates neutres.

Ceci fait, on prend 5 verres à expérience, dans chacun on met 50$^{cc.}$ d'eau. Le tableau indique les réactifs que l'on ajoute et la signification des réactions:

1er verre	2ème verre	3ème verre	4ème verre	5ème verre
Ba Cl + AzH^3	Ba Cl + H Cl	azotate d'argent + acide azotique	oxalate d'ammoniaque	teinture de savon
Le ppté doit être léger	On doit avoir seulement un louche	On doit avoir seulement un louche	Le ppté doit être léger	On doit avoir une opalescence, sans grumeaux
il indique l'ensemble des carbonates et sulfates	~~Le ppté est~~ dû aux sulfates	dû aux chlorures	il est dû aux sels de chaux	cela prouve que l'eau dissout bien le savon

École Supérieure de Pharmacie — Bibliothèque

Pour rechercher la matière organique on s'adresse au chlorure d'or. L'eau qui en est privée, portée à l'ébullition avec quelques gouttes de ce réactif, reste colorée en jaune, celle qui en renferme prend une coloration violette, puis bleuâtre, par suite de la réduction du sel d'or.

On peut aussi employer la solution de permanganate de potasse. En présence de ce corps et d'acide sulfurique la coloration violette disparaît à chaud si l'eau contient de la matière organique.

Avec le sel d'or ou le permanganate on ne peut affirmer la matière organique dans une eau où se trouvent des composés réducteurs : H^2S, sels ferreux, etc

L'examen de la couleur du résidu sec va nous permettre, et cette fois à coup sûr, de voir si l'eau renferme des matières organiques. Avec une eau ainsi souillée, il se présente déjà plus ou moins coloré, mais ce qui est caractéristique c'est que la couleur de ce résidu fonce en chauffant la capsule au rouge sombre, car le carbone de la substance organique est mis à nu. Si en même temps il se répand une odeur de corne brûlée, on en conclut que la matière incriminée est azotée.

On peut constater cette dernière d'une façon plus rigoureuse. On mélange une parcelle du résidu sec à + 100° avec un peu de lait de chaux et on dessèche; le résidu chauffé dans un tube à essai donne de l'ammoniaque qui colore en bleu un papier de tournesol humide présenté à l'orifice du tube.

Après avoir chauffé le fond de la capsule au rouge sombre, on la porte au rouge. Le résidu qui s'était de plus en plus coloré se décolore progressivement et arrive au blanc quand le C est brûlé. L'expérience poussée à ce point sert de contrôle.

On doit terminer l'essai d'une eau potable par la recherche des azotites, des azotates, des sels ammoniacaux, des iodures.

Recherche des azotites — Les azotites que l'on trouve dans l'eau sont surtout ceux d'ammoniaque et de chaux. Leur recherche est fondée sur ~~ce~~ fait qu'en présence d'acide azoteux, l'iodure de potassium est décomposé et l'iode mis en liberté.

On prépare le réactif suivant :

iodure de potassium	0.4
glycéré d'amidon	20
eau distillée	180

on filtre. A 10^{cc} de ce réactif on ajoute 10^{cc} d'acide acétique. Si l'iodure est pur d'iodate il n'y a pas de coloration, une ~~coloration~~ teinte bleue indiquerait que l'iodure employé est impur.

Supposons que le contenu du verre soit demeuré incolore,

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

on étend ces 20^{cc} de liquide de 50^{cc} environ d'eau distillée, puis on verse l'eau à essayer. Si elle renferme des azotites, ceux-ci vont être décomposés par l'acide acétique et l'acide azoteux ~~mis en liberté~~ agissant sur ~~le~~ KI mettra en liberté de l'iode qui colore en bleu le contenu du verre. La coloration peut être peu intense au premier moment, mais elle s'accentue par le temps.

Ce procédé permet de trouver des traces d'azotites, 0.01 par litre. On peut le rendre sensible pour des quantités encore moindres. On distille alors 500^{cc} d'eau en présence d'acide acétique, tout l'acide azoteux passe dans les premiers c.c. qui distillent. On recueille les 10 premiers et on fait l'expérience comme plus haut.

Recherche des azotates — Pour trouver ces sels qui sont principalement ceux d'AzH^3, de chaux et de potasse, on s'adresse au résidu sec de plusieurs litres d'eau, résidu non calciné. On en met dans un verre de montre une parcelle et un cristal de brucine, puis on verse 2 ou 3 gouttes d'acide sulfurique pur. S'il y a traces d'azotates, l'acide azotique devenu libre donne avec la brucine une coloration rouge. Au lieu de cet alcaloïde, on peut employer un cristal de sulfate de diphénylammine, la coloration est alors bleue.

Avec un cristal de sulfate ferreux la réaction se fait ainsi : on dissout le résidu sec dans un peu ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ d'eau bouillante puis on ajoute à la liqueur environ 1/4 en volume d'acide sulfurique pur. On introduit le cristal dans la liqueur refroidie. S'il y a eu décomposition d'azotates et production d'acide azotique, le cristal passe du vert au rose, puis au brun.

La recherche des nitrates se fait quelquefois sur l'eau elle-même et non à l'aide de l'extrait sec. On met alors dans un verre 20^{cc} d'eau et 20^{cc} de solution récente de sulfate ferreux, on mélange, puis on fait couler le long de la paroi du verre une dizaine de c.c. d'acide sulfurique pur. A l'intersection des 2 couches on a la coloration rose, puis brune s'il y a des nitrates.

Recherche de l'ammoniaque et de ses sels — Ces composés sont faciles à constater. Le réactif à employer est celui de Nessler qui est une solution alcaline d'iodure double de mercure et de potassium. On le prépare ainsi :

KI	20 gr.
Biiodure de mercure	30 gr
Eau distillée	250 gr.

[stamp]

On introduit dans un ballon l'iodure, le biiodure et 50 gr. d'eau environ. On chauffe au bain-marie jusqu'à dissolution, puis on ajoute 200 gr. d'eau distillée. On agite, après repos on filtre dans un vase jaugé de ½ litre. On ajoute alors une solution faite avec

{ Soude caustique à l'alcool 50
{ Eau distillée 150

et on complète le volume du ½ litre avec q.s. d'eau distillée. On mélange, on laisse reposer pendant 48 heures, on décante et on conserve le réactif dans des flacons de 125 gr. fermés avec des bouchons en verre paraffinés.(1)

Le réactif de Nessler décèle 2 millionièmes d'AzH^3 par la teinte jaune communiquée à l'eau. Avec une proportion d'AzH^3 plus considérable la coloration s'accentue, passe à l'orangé, au rouge-brun, enfin il peut se former un précipité de formule $Az\,Hg^2\,I + H^2O$. Celui-ci peut servir à doser l'AzH^3, il est en effet soluble dans l'hyposulfite de soude, si dans cette solution on dose le mercure, on a du même coup la proportion d'alcali.

L'AzH^3 ne se trouve pas dans les eaux à l'état de liberté, mais sous forme de sels (carbonate, azotite, azotate, chlorhydrate et sulfate). Quand on veut se servir du réactif de Nessler, il faut avoir soin d'éliminer de l'eau les oxydes terreux et métalliques qui nuisent à la réaction en donnant un précipité avec le réactif. On opère donc ainsi : à 100^{cc} d'eau on ajoute quelques c.c. d'une solution de carbonate de soude à $\frac{1}{5}$, on agite, on laisse reposer et c'est à la surface du liquide décanté qu'on verse goutte à goutte le réactif de Nessler.

Recherche des iodures — Pour déceler l'I dans les eaux on a recours généralement au procédé indiqué par M. Chatin (2) — il a été suivi par M. Willm dans ses travaux sur les eaux minérales —. Il repose sur les opérations suivantes :

1° On précipite par un excès de carbonate de potasse pur les sels solubles de chaux et de magnésie. On décante pour séparer le liquide des carbonates terreux, on fait évaporer ce liquide, en ayant soin de chauffer doucement, vers la fin

(1) Nota — Cette liqueur laisse à la longue déposer un précipité rougeâtre. Dans ce cas, avant d'en faire usage, il est utile de ne pas agiter le flacon et de puiser le liquide à l'aide d'une pipette. Il ne faut en effet opérer qu'avec un réactif tout à fait limpide.

(2) Journal de Pharmacie et de Chimie, 1876

de l'évaporation, afin d'éviter toute projection. On donne finalement un petit coup de feu pour détruire la matière organique.

2° On traite à plusieurs reprises le résidu alcalin laissé par l'évaporation de l'eau par l'alcool à 90°. Les liqueurs alcooliques sont réunies dans une grande capsule, on y ajoute ½ de leur volume d'eau distillée pure et l'on procède à l'évaporation à une douce température en agitant fréquemment. Si l'on ne mettait pas d'eau, la solution alcoolique grimperait le long des parois de la capsule

3° On détruit par une calcination modérée la matière organique qui a échappé à la première calcination. Le résidu doit être incolore et en petite quantité. Autrement il faudrait recommencer un traitement par l'alcool.

4° On dissout ce résidu dans une ou 2 gouttes d'eau distillée pure et on répartit cette liqueur, avec l'extrémité d'un agitateur, sur 3 fonds de capsule. Les 1e ~~moitiés~~ gouttes sont alors additionnées, l'une de chlorure de palladium ; les autres, après y avoir ajouté un peu d'empois d'amidon récent, seront touchés avec précaution, la première avec de l'acide nitrique, la seconde avec de l'acide sulfurique. L'eau chlorée ne produit de coloration bleue que si la proportion d'iode est notable.

M. Chatin ajoute que pour les eaux salines le mieux est de les distiller aux ¾ en présence de perchlorure de fer et de recueillir le produit de la distillation dans un récipient contenant du carbonate de potasse. On opère ensuite sur cette liqueur comme précédemment.

Tels sont les essais préliminaires à faire subir à l'eau en expertise. Nous passons maintenant à l'

Analyse quantitative —

Dosage des matières solides — Pour doser les matières solides en dissolution dans l'eau, on fait évaporer à une douce chaleur un litre de cette eau dans une capsule en porcelaine. On a le soin de couvrir la capsule d'un entonnoir assez large pour que l'eau qui se condense sur ses parois ne retombe pas dans la capsule. On termine l'opération en mettant le résidu au bain-marie dans un récipient en platine taré, puis à l'étuve ou au bain d'huile à + 120°. On pèse alors à nouveau la capsule en platine, soit P':

$$P' - P = \text{résidu sec à } +120°.$$

Il y a une cause d'erreur. Si l'eau renferme du chlorure de Magnésium, il se passe cette réaction :

$$MgCl^2 + H^2O = MgO + 2(HCl) \quad (At.)$$

l'HCl disparaît par évaporation et le poids de la magnésie trouvé est plus faible que celui de $MgCl^2$ à doser, comme $\frac{40}{95}$. Aussi quelques auteurs ajoutent à l'eau un poids connu de carbonate de soude sec ; l'HCl est fixé, ils déduisent ensuite le poids du carbonate de soude de celui du résidu sec.

Rappelons qu'une eau potable de bonne qualité ne donne pas plus de 0.2 à 0.3 de résidu sec à + 120°. Un résidu de 0.4 à 0.6 est l'indice d'une eau médiocre, s'il atteint 0.7 à 1 gr. l'eau est mauvaise.

Dosage de la Silice — On obtient la proportion de silice en évaporant à siccité 1 ou plusieurs litres d'eau. Sur le résidu on verse un excès d'HCl, on évapore encore à sec et on chauffe vers + 120°. Le résidu est mis à digérer avec de l'eau distillée additionnée de quelques gouttes d'HCl, puis on jette le tout sur un filtre. On lave le précipité d'acide silicique (silice) à l'eau bouillante, on le dessèche, on le calcine, puis on pèse.

Dosage de l'acide sulfurique — L'acide sulfurique se trouve dans les eaux potables à l'état de sulfates, on le dose ainsi : on prend 500cc d'eau dans lesquels on verse 5cc d'HCl, puis un léger excès de la solution de chlorure de baryum. On fait bouillir. Après quelques heures de repos, on filtre et on lave le précipité à l'eau bouillante jusqu'à ce que la liqueur soit neutre. Le précipité est ensuite étuvé, puis incinéré dans un creuset en platine. Du poids du résidu (sulfate de baryte) on déduit celui d'acide sulfurique anhydre en multipliant par 0.3436.

Dosage du Chlore — Pour la détermination du chlore des chlorures, on prend 500cc d'eau, on acidule avec quelques c.c. d'acide azotique pur, puis on verse un excès d'azotate d'argent. Après ébullition, on filtre, on lave le précipité à l'eau chaude, on dessèche le filtre et on calcine dans une capsule en porcelaine. Une fois celle-ci refroidie, on verse quelques gouttes d'acide azotique, puis quelques autres d'HCl, on fait évaporer à siccité, on calcine, on pèse. En multipliant le poids de chlorure d'argent par 0.2474, on obtient celui du chlore (1)

Dosage des carbonates de chaux, de magnésie, de fer — On fait bouillir dans un ballon et pendant une heure, 1 ou 2 litres d'eau. On remplace de temps en temps l'eau qui s'évapore par de l'eau distillée chaude. Par l'ébullition l'acide carbonique est chassé, les bicarbonates se décomposent et fournissent

(1) Formulaire pharmaceutique des Hôpitaux militaires, 1884

le précipité de carbonates de chaux, de magnésie, de fer qu'il reste à recueillir sur un filtre, à laver, sécher (non calciner) et peser.

Dosage de la chaux et de la magnésie à l'état de sels solubles — Les sels solubles de ces 2 bases que l'on rencontre dans les eaux sont les sulfates et les chlorures; ils se trouvent dans le liquide filtré de l'opération précédente. Pour faire leur dosage, on prend cette liqueur filtrée, on l'évapore jusqu'à réduction au 1/5 de son volume et on ajoute du chlorhydrate d'AzH^3 et de l'AzH^3 en excès. Pour précipiter la chaux on verse de l'oxalate d'ammoniaque; pour la magnésie, on filtre, l'oxalate de chaux demeure sur le filtre, et dans la liqueur on met du phosphate d'AzH^3 qui précipite la magnésie à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

Revenons au ~~pp~~ précipité d'oxalate de chaux. On lave ce ppté sur le filtre, on le dessèche, puis on le fait tomber sur un papier glacé. Le filtre est incinéré dans un creuset en platine, ceci fait on retire la capsule du feu et on y verse le contenu du papier glacé, puis quelques gouttes d'acide sulfurique. On chauffe de nouveau et jusqu'à cessation de fumées blanches. On transforme ainsi l'oxalate en sulfate de chaux. En multipliant le poids du sulfate de chaux par 0.411 on obtient le poids de la chaux.

Quant au dosage de la magnésie des sels solubles, il se termine ainsi. Après 24 heures de repos, on filtre la liqueur où on a engendré le phosphate ammoniaco-magnésien. Avec de l'AzH^3 étendue on lave à 2 ou 3 reprises le précipité, on le dessèche, puis on le chauffe au rouge dans une capsule en platine. On obtient ainsi une poudre grisâtre (pyrophosphate de magnésie), on le pèse. Le poids × 0.36 donne celui de la magnésie.

Dosage de la chaux totale, de la magnésie totale, de l'oxyde de fer — On dissout à chaud dans de l'HCl additionné de quelques gouttes d'acide azotique le ppté obtenu par ébullition de l'eau. Nous savons qu'il est formé de carbonates de chaux, de magnésie, de fer. La liqueur acide étendue d'eau distillée va donc contenir en solution la chaux, la magnésie et le fer. On sépare le fer par un excès d'AzH^3, on obtient ainsi du sesquioxyde de fer, ce qui permet de doser le métal.

Dans la liqueur privée de fer, on dose la chaux, puis la magnésie comme dans le chapitre précédent, l'une

à l'état de sulfate de chaux, l'autre sous celui de pyrophosphate de magnésie. Les résultats donnent les poids de chaux et de magnésie qui formaient les carbonates, en ajoutant à ces nombres les poids trouvés pour la chaux et la magnésie à l'état de sels solubles, on obtient ~~d'abord~~ d'une part la chaux totale, de l'autre la magnésie totale.

[D]osage de l'alumine — Quand l'eau renferme de l'alumine, elle se trouve précipitée en même temps que le sesquioxyde de fer (voir plus haut). Pour la séparer, on dissout l'oxyde ferrique dans de l'HCl étendu, puis on verse un excès de solution d'hydrate de potasse, on filtre. Sur le filtre reste un dépôt de sesquioxyde de fer ; l'alumine, soluble dans la potasse, se trouve dans la solution. On la précipite à l'aide d'une solution concentrée de chlorure d'ammonium. En filtrant de nouveau, on recueille un ppté gélatineux qu'on dessèche et qu'on pèse.

[D]osage de la Soude — On commence par évaporer 1000cc d'eau en opérant comme on l'a vu pour le dosage des matières solides. Sur le résidu sec, on verse un peu d'eau puis, avec précaution, de l'acide sulfurique pur et étendu en léger excès — on couvre la capsule pour éviter les pertes par projection —. On la porte au bain-marie. Au bout d'une dizaine de minutes on lave avec le jet d'une pissette la capsule-couvercle et on évapore à siccité. L'acide sulfurique est chassé, sur le résidu on verse un peu de carbonate d'AzH^3 et on calcine au rouge. L'addition de carbonate d'AzH^3 sur la fin de la calcination a pour but de convertir le sulfate acide de soude en sulfate neutre. On pèse. Le résidu est formé de sulfates de soude, de chaux, de magnésie et de silice, il ne doit pas rougir le tournesol. Il reste à retrancher de son poids, celui de la silice et ceux des sulfates de chaux et de magnésie, établis d'après la proportion de ces bases, pour avoir le poids de sulfate de soude ; on en déduit la soude. Nous supposons naturellement que l'eau ne renferme pas de potasse.

[Sé]paration de la soude et de la potasse — Si cet alcali existe concurremment à la soude, et en proportions dosables, cette méthode ne peut plus servir. Il faut alors transformer les alcalis en chlorures, on les pèse, on a ainsi l'ensemble des chlorures de sodium et de potassium. On les dissout dans quelques gouttes d'eau distillée et on ajoute ~~à~~ un léger excès de chlorure de platine en solution concentrée et

neutre. On évapore presque à siccité au bain-marie, on verse sur le résidu de l'alcool à 75 ou 80°, on couvre la capsule et on attend quelques heures en agitant de temps à autre. Quand le dépôt est opéré, on le sépare de la liqueur en le recueillant sur un filtre, on lave le précipité à l'alcool, on le dessèche et on le pèse. On dose ensuite la quantité de soude par différence, en retranchant du poids des 2 chlorures de Na et de K, le poids de ce dernier calculé d'après celui du chloroplatinate.[1]

Dosage des gaz de l'eau (O, Az, CO^2) — Les gaz tenus normalement en solution dans l'eau sont ceux qui se trouvent dans l'air (O, Az, CO^2); nos études antérieures nous ont appris que l'eau de pluie par exemple renferme 23cc de gaz ainsi répartis :

O	7cc4
Az	15cc1
CO^2	0cc5

En pratique, quand on dose l'ensemble des gaz de l'eau, on extrait en même temps le CO^2 libre et le CO^2 venant de la décomposition des bicarbonates. Il est bon d'être prévenu de ce fait. Pour ne déterminer que le CO^2 libre il faudrait opérer à une température inférieure à +50° ou mieux dans le vide.

Le moyen le plus simple pour apprécier le volume et la composition de l'air en dissolution dans l'eau, consiste à le séparer de ce liquide par l'ébullition. On emplit d'eau un ballon de contenance connue (3 à 4 litres), on y adapte un tube recourbé plein d'eau destiné à conduire le gaz sous une éprouvette graduée remplie de mercure, ~~plongeant~~ reposant sur la cuve à mercure et contenant une dizaine de c.c. d'huile. Le bouchon portant du tube recourbé est fixé au col du ballon à l'aide d'un fil de fer, on l'enduit d'une couche de cire à cacheter puis de bandes de papier

L'appareil ainsi disposé, on chauffe le ballon avec précaution. Des bulles de gaz apparaissent bientôt, se dégagent et gagnent l'éprouvette. On chauffe jusqu'à l'ébullition et on supprime le feu, en ayant soin d'éviter l'absorption, quand le gaz n'augmente plus dans l'éprouvette. Dans celle-ci, au-dessus de la couche d'huile qui elle-même surnage une couche d'eau, on lit un certain volume de gaz ; on le ramène à 0° et à 760.

Ce dosage est entaché d'une cause d'erreur qui peut aller jusqu'au 1/25 du volume total des gaz car une

---

(1) Traité d'Analyse chimique quantitative de Fresenius.

portion de l'eau s'échappe, sort du ballon et du tube, avant d'avoir cédé les gaz qu'elle renferme. Pour obvier à cet inconvénient on a proposé un dispositif plus parfait, nous renvoyons pour sa description au traité de Chimie minérale de M. A. Gautier.

Le volume ainsi trouvé V représente les gaz totaux: O, Az et CO^2. Pour calculer CO^2, on fait arriver dans l'éprouvette quelques c.c. de potasse, CO^2 est absorbé, la diminution de volume représente ce gaz à la température et sous la pression de l'expérience. Le nouveau volume V' est formé de O + Az. Pour avoir la proportion de chacun on fait entrer dans l'éprouvette un petit paquet d'acide pyrogallique confectionné à l'aide d'une feuille de papier à cigarettes. On agite, le liquide passe au brun, l'O est absorbé et le volume du gaz diminuant encore on lit un 3ème volume V'':

$$V' - V'' = O$$

Le gaz qui reste dans l'éprouvette et qui occupe le volume V'' est l'Az.

C'est ainsi qu'on doit procéder pour le dosage de l'air contenu dans une eau. Lorsqu'on ne possède pas de cuve à mercure, on peut recueillir le gaz sur l'huile. Avec l'eau les résultats seraient complètement faussés.

Gaz contenus dans les eaux :

	Az	O	CO^2	total
Eau de pluie	15 cc	7.4	0.5	22.9
Eau bien aérée (rivière)	16 cc	8	13	37 cc
Eau de la Seine — Bercy	12	3.9	16.2	32.1
Eau de la Seine — Grenelle	12	2.1	19	33.1
Eau du Rhône (Genève)	18.4	8.4	8	34.8

Dosage de l'Oxygène (Oxymétrie) — La teneur d'une eau en O dissous étant un criterium assez exact de sa pureté en matières organiques, on se contente quelquefois du dosage de ce seul élément. Il se fait alors sans extraire le gaz et par une méthode dont M.M. Schutzenberger, Gérardin et Risler ont posé les principes et l'application. Elle repose sur l'avidité de l'hydrosulfite de soude pour l'Oxygène :

L'acide sulfureux est un corps réducteur, cependant il peut être réduit par l'hydrogène à l'état naissant. Ceci se produit quand on met du zinc en présence d'une

solution de ce gaz, ainsi :

$$SO^3H^2 + 2\,Zn = SO^3Zn + H^2 \quad (At.)$$

acide sulfureux — sulfite de zn

cet H agit sur une molécule d'acide sulfureux pour faire de l'acide hyposulfureux :

$$SO^3H^2 + H^2 = H^2O + SO^2H^2 \quad (At.)$$

acide hydrosulfureux

La même chose a lieu avec un bisulfite alcalin, tel celui de soude. La voici dans son ensemble :

$$3(SO^3NaH) + Zn = SO^3Zn + SO^3Na^2 + SO^2NaH + H^2O$$

bisulfite de soude — sulfite — sulfite — hydrosulfite (1)

or l'hydrosulfite de soude est un corps très avide d'O, il l'absorbe et repasse à l'état de bisulfite. C'est ainsi qu'il réduit les sels métalliques au maximum, qu'il décolore le bleu Coupier, le carmin d'indigo, etc. Si donc, dans de l'eau colorée par quelques gouttes de carmin d'indigo, on verse de la solution d'hydrosulfite de Na, ce sel fixera d'abord l'O dissous, puis agira sur la matière colorante ; la disparition de la couleur bleue est l'indice de la fin de la réaction.

Pour préparer la solution d'hydrosulfite on s'adresse à la solution saturée de bisulfite de soude du commerce. On en prend 20cc, on ajoute 200cc d'eau et on emplit avec ce liquide des flacons de 60cc qui renferment déjà 2 ou 3 gr. de poudre de zinc ou une spirale de ce métal. On a le soin de boucher ces flacons avec un bouchon de caoutchouc percé d'un trou pour livrer passage à un agitateur en verre, on enfonce ce dernier plus ou moins de façon à ce que les fioles soient exactement remplies. Après ½ heure il y a assez d'hydrosulfite en solution.

Pour titrer cette liqueur, on fait dissoudre

Sulfate de Cuivre 0.892

dans 150cc d'eau distillée bouillie, on ajoute

Ammoniaque liquide (D = 0.960) 20cc

enfin on complète le volume à 200cc avec de l'eau distillée et bouillie : 5cc de cette solution de sulfate de cuivre ammoniacal correspondent à 1cc d'O.

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE — BIBLIOTHÈQUE

---

(1) En théorie équivalentaire :

$$S^2O^4H^2O^2 + Zn^2 = S^2O^4Zn^2O^2 + H^2$$

$$S^2O^4H^2O^2 + H^2 = S^2O^2H^2O^2 + H^2O^2$$

$$3(S^2O^4NaHO^2) + 2\,Zn = S^2O^4Zn^2O^2 + S^2O^4Na^2O^2 + S^2O^2NaHO^2 + H^2O^2$$

bisulfite de Na — sulfite — sulfite — hydrosulfite

On en met 5^{cc} dans un vase à précipité et on y fait couler goutte à goutte de l'hydrosulfite contenu dans une burette de Mohr de 50^{cc} en $\frac{1}{10}$ de c.c.. L'hydrosulfite décolore le sulfate cuivrique qu'il fait passer à l'état de sel cuivreux, on s'arrête à la décoloration et on lit le volume d'hydrosulfite dépensé, soit v. v correspond à 1^{cc} d'O.

Pour déterminer la proportion d'O de l'eau à analyser, on prend de cette eau 1000^{cc}, on colore en bleu à l'aide du carmin d'indigo (1), et on verse, tout en agitant, l'hydrosulfite. A la décoloration on lit le volume, soit V. Comme on n'a pas remis d'hydrosulfite dans la burette, V-v est ce qu'on a dépensé pour absorber l'O de l'eau.

On peut donc établir la proportion :

$$\frac{v}{1^{cc}} = \frac{V-v}{x} \qquad x = \frac{V-v}{v}$$

Une eau bien aérée doit renfermer au moins 8^{cc} d'O par litre, c'est son titre oxymétrique. Au-dessous de 3^{cc} l'eau cesse d'être potable.

Telle est la méthode que l'on peut suivre pour doser l'O; elle est facile, il n'y a qu'un inconvénient, la grande altérabilité du réactif. Aussi faut-il prendre la précaution de faire passer un courant d'H ou de gaz d'éclairage dans la burette, pour empêcher le séjour d'une couche d'air au-dessus de l'hydrosulfite et se servir d'un artifice pour emplir la burette par le bas. Cette extrémité de l'instrument doit être munie d'un tube effilé fixé au caoutchouc porte-pince, il est destiné à être enfoncé au sein de l'eau où on dose l'oxygène, on évite ainsi à l'hydrosulfite le contact de l'air.

Dans les laboratoires on se sert d'un dispositif compliqué (appareil de Schutzenberger et Risler), nous ne nous arrêterons pas sur sa description.

Dosage de l'ammoniaque — Cet alcali se rencontre dans les eaux à l'état de combinaisons salines (voir plus haut) et principalement dans celles qui contiennent des matières organiques putréfiées, telles que les eaux de rivières en aval des villes, les eaux d'étangs, de marais, etc. On le dose par la méthode de Boussingault. Elle consiste à distiller l'eau en présence de potasse, tout l'AzH^3 passe dans les 2 premiers ~~[illegible]~~ cinquièmes de l'eau distillée.

(1) 50 gr. de carmin d'indigo en pâte, dans un litre d'eau.

L'appareil se compose d'un ballon de 2 litres dont le bouchon est percé de 2 trous qui reçoivent : l'un, un tube droit à entonnoir qui descend jusqu'à 0.002 ou 0.003 du fond du ballon ; l'autre, un tube courbé qui conduit la vapeur dans un tube réfrigérant (en verre ou en étain). Par le tube droit, on introduit dans le ballon 1000cc d'eau en expertise, puis quelques c.c. d'une solution de potasse. On chauffe le ballon et on distille 400cc. d'eau. Les sels ammoniacaux ont été décomposés par la potasse et tout l'AzH^3 se trouve dans ces 400cc.

Pour le doser, on prépare :

1° une liqueur acide, avec

{ Acide sulfurique normal ———————— 50cc (1)
{ Eau distillée q.s. pour faire un volume de 1000cc

10cc de cette solution renferment 0.0245 d'acide sulfurique monohydraté et sont saturés par 0.0085 d'AzH^3

2° une liqueur alcaline :

{ Solution de soude normale ———— 20cc (2)
{ Eau bouillie q.s. pour faire ———— 1000cc

et on détermine ce qu'il faut de cette solution n° 2 pour neutraliser 10c.c. de liqueur acide.

D'autre part, on introduit dans les 400cc d'eau ammoniacale, 10cc de liqueur acide, c'est plus d'acide qu'il n'en faut pour saturer l'AzH^3, car une eau potable ne doit pas donner plus de 0.005 de ce gaz par litre. Après cette addition la liqueur est donc acide et il faut y verser goutte à goutte un certain nombre de c.c. de soude pour la ramener à l'état neutre. Nous procédons à ce dosage acidimétrique d'après la méthode connue. Voici comment se termine le calcul :

Il a fallu N de liqueur alcaline pour neutraliser 10cc de liqueur acide, il faut maintenant n de liqueur alcaline pour achever de saturer les 10cc de liqueur acide ajoutés à la solution ammoniacale, on peut donc écrire :

$$\frac{x}{0.0085} = \frac{N-n}{N} \qquad x = \frac{(N-n) \times 0.0085}{N}$$

~~Mr~~ Schlœsing a modifié l'appareil distillatoire de Boussingault. Le tube coudé du dispositif précédent est

(2) Soude normale { Soude caustique 40gr
{ Eau distillée q.s. pour 1000cc à +15°

(1) Acide sulfurique normal { Acide sulfurique pur et monohydraté 49gr
{ Eau distillée q.s. pour 1000cc à +15°

remplacé par un serpentin ascendant, la plus grande partie de l'eau distillée retombe ainsi dans le ballon et on peut recueillir tout l'AzH^3 dans quelques c.c. de liquide. Il faut avoir soin que l'extrémité effilée du tube réfrigérant plonge à la surface des 10cc de liqueur acide que l'on a mis dans le vase à saturation A, l'AzH^3 se combine ainsi à l'acide sulfurique dès qu'il sort de l'appareil distillatoire. Schlœsing recommande aussi d'employer un lait de chaux ou de magnésie pour déplacer l'AzH^3 de ses sels ; on évite ainsi l'action de la potasse sur les matières organiques azotées (production d'AzH^3).

A.

Eau de source, de rivière	0mg03 à 0.mg05
Eau de certains puits	0.3 à 4mg
Eau de neige, de pluie	2 à 5mg
Eau de la Seine (Concorde)	0mg16
—— (Austerlitz)	0mg12

Quand on a affaire à une eau polluée par des infiltrations, la proportion d'AzH^3 augmente beaucoup. C'est ainsi qu'on a trouvé 34mg,35 dans l'eau d'un puits situé près de l'Hôtel-de-Ville (Paris). Insistons en terminant sur ce point que les eaux potables renferment de 0mg03 à 0mg5 ~~...~~ d'AzH^3 et que cette quantité ne doit pas être dépassée.

Dosage des matières organiques — Si l'analyse chimique peut indiquer la proportion de matières organiques, il lui est impossible de dire si ces matières sont d'origine animale ou végétale, inoffensives ou nuisibles. Nous devrons donc ultérieurement compléter ce chapitre par l'examen microscopique et la recherche microbiologique.

Le procédé de dosage des matières organiques de l'eau sont nombreux. Nous en indiquerons 2 : un facile, le second, un peu plus compliqué.

α On fait évaporer 1000cc d'eau comme nous l'avons vu pour le dosage des matériaux solides (extrait sec à + 120°), on pèse la capsule en platine contenant l'extrait, soit P. On chauffe alors au rouge naissant, puis au rouge blanc ; le résidu qui s'était d'abord coloré, est blanc quand l'incinération est complète. Cette calcination a déshydraté quelques sels (sulfates de chaux et de magnésie), elle a décomposé les carbonates terreux, chassé les sels ammoniacaux, on ajoute sur le résidu blanc quelques c.c. de solution de carbonate d'ammoniaque et on porte au bain-marie. Les sels reprennent leur eau, les bases se recarbonatent ; une fois le

résidu sec, on porte à l'étuve à + 120°, on pèse, soit P'. La différence de poids P − P' représente le poids de matières organiques.

β Le procédé le plus habituellement suivi consiste à oxyder les matières organiques par le permanganate de potasse en solution alcaline. De la quantité d'O abandonné par le permanganate, on déduit la proportion de matières organiques.

Il faut avoir à sa disposition les réactifs suivants:

1°) De l'eau distillée très pure exempte d'AzH^3 et de matières organiques

2°) Une solution de permanganate de potasse préparée avec 3gr.9595 de ce sel pour eau distillée q.s. pour 1000cc. 1cc de cette liqueur peut céder à la matière organique 0gr001 d'O.

3°) Une solution contenant: Acide oxalique pur cristallisé 7gr.875 et eau distillée q.s. pour 1000cc. Cette solution s'altère vite, il faut qu'elle soit récente. Elle décolore à volume égal la solution précédente.

4°) Une solution à 1/10 environ de soude caustique à l'alcool

5°) De l'acide sulfurique pur étendu de son volume d'eau distillée (D = 1.54).

Dans un ballon de 1000cc, on met 500cc d'eau à analyser, on ajoute 10cc de la solution de soude et 10cc de solution permanganique, on chauffe au bain de sable et on fait bouillir durant vingt minutes. Si le liquide est décoloré on verse une nouvelle dose de permanganate (5 ou 10cc). On laisse refroidir le liquide jusqu'à + 50° environ, puis on ajoute 10cc d'acide sulfurique étendu et 10cc de la solution oxalique, ou ~~mieux,~~ un volume égal à celui de solution permanganique employé (10, 15 ou 20cc). Immédiatement le contenu du ballon se décolore. Ce résultat obtenu, on fait couler dans le ballon et goutte à goutte de la solution de permanganate dont on a rempli une burette de Mohr, on s'arrête quand on a ramené une teinte rose persistant au moins cinq minutes. Les 2 solutions permanganique et oxalique se décolorent volume à volume, la proportion de permanganate qu'il a fallu employer pour colorer la liqueur en rose représente exactement celle qui a été utilisée pour l'oxydation de la matière organique.

Comme il faut pour colorer le liquide en rose une certaine quantité de permanganate, on recommence la

même expérience, dans des conditions identiques, en opérant sur 500cc d'eau distillée très pure.

On retranche cette quantité v (qui varie de 2 à 4cc) de celle V employée dans la précédente expérience, la différence représente exactement ce qu'il a fallu de permanganate pour détruire les matières à doser.

Comme on a opéré sur 500cc on double le chiffre obtenu pour savoir ce qu'il y a dans un litre. Quant aux résultats on les exprime en poids de permanganate dépensé ou en volumes d'O absorbé.

Ce tableau peut servir de guide pour classer une eau au point de vue de sa teneur en matières organiques :

	milligr. de permanganate par litre d'eau	c.c. d'O absorbé par litre d'eau
Eaux très pures	moins de 1.9762	moins de 0.5
Eaux potables	de 1.97 à 11.86	0.5 à 3
Eaux médiocres (à suspecter)	de 11.86 à 19.76	3 à 5
Eaux à rejeter	au-dessus de 20	au-dessus de 5cc

Il y a ici une réserve à faire c'est que nous avons dosé ainsi toute la matière organique (hydrocarbonée et azotée), or une eau qui ne renferme que des matières hydrocarbonées est bien moins dangereuse qu'une autre riche en matières azotées. Aussi voyons ~~comment~~ on procède quand on veut seulement savoir la proportion de ces dernières.

Dosage de la matière organique azotée — Là encore il y a plusieurs méthodes, c'est qu'elles sont toutes imparfaites. Nous emploierons la suivante, variante de celle indiquée par Vanklyn en collaboration avec Chapman et Smith.

Elle repose sur ce fait qu'en présence d'un alcali et de permanganate de potasse, l'azote des matières albuminoïdes passe à l'état d'AzH^3.

Il faut avoir :

1°) de l'eau distillée très pure. On la prépare avec de l'eau distillée ordinaire que l'on redistille en présence d'un lait de chaux et de permanganate de potasse. On rejette le premier litre (AzH^3) et l'on recueille les 3 litres qui distillent ensuite.

2°) du réactif de Nessler (voir plus haut)

3°) une solution faite avec 0gr.0315 de chlorure d'ammonium et eau distillée Q.S. pour 1000cc : 1cc de cette solution équivaut à 0gr.00001 (1 centième de milligr.) d'AzH^3.
4°) une série de 30 tubes à essai portant un trait de jauge à 50cc
5°) une solution alcaline de permanganate de potasse préparée ainsi :

permanganate	5 gr.
potasse à la chaux	100 gr.
eau distillée	environ 400 gr.

on chauffe ½ heure au bain de sable, quand la liqueur est refroidie on ajoute Q.S. d'eau distillée pour parfaire le volume de 500cc.
6°) une solution saturée de carbonate de soude.

Avec la série des tubes à essai, nous constituons une gamme. Dans le 1er on met 50cc d'eau distillée pure ; dans le second 1cc de la solution de chlorure d'ammonium et eau distillée pure Q.S. pour 50cc ; dans le troisième, 2cc de la même solution n°3 et eau distillée Q.S. pour 50cc, et, ainsi de suite, jusqu'au 21ème qui renferme par conséquent 0.0002 (deux dixièmes de millig. d'AzH^3).

On prend alors une cornue de 1 litre dont on étire et recourbe le col. On y introduit 500cc d'eau à analyser, 5cc de solution de carbonate de soude et on distille au bain de sable. Quand on a recueilli 50cc d'eau distillée on les met dans un tube de la série, on continue la distillation et on recueille successivement 200cc de liquide réparti en 4 tubes jaugés à 50cc. Dans cette partie de l'expérience nous n'avons touché qu'aux sels ammoniacaux (dosage de l'AzH^3 par le procédé Boussingault) et si tout l'AzH^3 se trouve dans ces 200cc, les 3/4 sont dans le premier ¼ distillé. Il suffit donc à la rigueur de conserver seulement les 50 premiers cc. distillés.

Après refroidissement, on ajoute à l'eau de la cornue, qui renferme encore intacte la matière organique azotée, 50cc de liqueur alcaline de permanganate. On distille de nouveau, l'Az de la matière albuminoïde est transformé en AzH^3, on récolte 150cc de liquide en 3 tubes que l'on emplit jusqu'au trait de jauge.

On dispose tous ces tubes (maintenant n°7) sur l'étagère à la suite des tubes de la gamme et dans tous on verse 2 gouttes de réactif de Nessler. La coloration doit être

nulle dans le 1er tube (eau distillée), elle s'accentue à mesure qu'on approche du 21ème. Il est facile par comparaison de voir de quels tubes de la gamme se rapprochent ceux qui contiennent les produits de la distillation.

Voici comment on représente les résultats :

1ère distillation (Ammoniaque libre et AzH^3 des sels ammoniacaux)	1er tube (sa couleur est par exemple celle du dixième tube de la gamme), donc	0mg 09
	2ème + 3ème + 4ème ———	le ¼ du chiffre ci-dessus
2ème distillation (AzH^3 provenant de l'Az de la matière albuminoïde)	1er tube	0.mg 10
	2ème tube	0mg.04
	3ème tube	0. 00

On en conclut que les sels ammoniacaux ont donné 0mg 09 + 0mg 03 ou 0mg 12 et les matières albuminoïdes 0mg 14. Comme nous avons opéré sur ½ litre, il faut doubler et on dit, dans le cas actuel, que les matières albuminoïdes de l'eau ont fourni 0.14 × 2 ou 0mg 28 d'ammoniaque.

Il nous semble superflu d'insister sur ce dosage colorimétrique ; nous dirons seulement que, si les tubes où se trouve l'AzH^3 de l'eau sont plus colorés que ceux de la gamme, on recommence une seconde gamme de 20 tubes en mettant une proportion plus considérable de chlorure d'ammonium.

Ce procédé n'est pas mauvais, mais il ne doit être employé que pour la détermination de l'azote albuminoïde, l'AzH^3 des sels ammoniacaux devant être dosée par la méthode Boussingault.

Le tableau ci-joint nous montre entre quels chiffres varie l'AzH^3 des albuminoïdes suivant la qualité des eaux :

Eaux très pures	0 à 0mg.04	d'ammoniaque pour 1000cc d'eau
Eaux potables	0.04 à 0.1	id.
Eaux médiocres (à suspecter)	0.1 à 0.15	id.
Eaux mauvaises (à rejeter)	au-dessus de 0.15	id.

Voici en quelques lignes la marche d'une autre méthode qui permet le dosage de l'Az des matières organiques azotées. On évapore l'eau en présence d'un peu de chaux et dans le résidu on détermine l'Az par le procédé classique (calcination dans un tube à analyse avec de la chaux sodée et recueil de l'AzH^3 produite dans une solution titrée d'acide sulfurique).

Que l'on opère ainsi, ou qu'on procède par colorimétrie on dose seulement l'Az albuminoïde qu'il provienne d'amides complexes (acides amidés, tyrosine, urée et toutes matières azotées qui l'accompagnent dans l'urine, etc) ou de substances protéiques (protoplasma, noyaux cellulaires, etc). L'Az nitrique, engendré par l'action des ferments nitriques (M. nitrificans) sur ces composés albuminoïdes ou sur les sels ammoniacaux, ne participe pas à la production de l'AzH^3 et n'est pas dosé.

Voyons comment il faut procéder pour titrer l'Az nitrique.

[Do]sage de l'azote nitrique — L'Az nitrique des eaux est proportionnel au poids des composés nitriques ou nitreux dont nous venons de voir l'origine ou qui se sont produits dans l'atmosphère au contact des effluves électriques brillantes ou obscures. Würtz a indiqué pour son dosage la méthode suivante, elle donne des résultats assez précis :

On sait que certains métaux, comme le Zn, l'Al, donnent au contact des alcalis (potasse, par exemple), un dégagement d'H. Ce corps à l'état naissant jouit d'un pouvoir réducteur considérable. En présence de composés oxygénés de l'Az, il s'empare de cet Az et s'y combine pour former de l'AzH^3:

$$K\,AzO^3 + 8\,H = KOH + 2(H^2O) + AzH^3 \;(At.)$$

azotate de potasse — potasse

Avant de procéder au dosage il faut éliminer tout l'Az des sels ammoniacaux. Dans le ballon de l'appareil Schlœsing, on met 500cc d'eau et 20cc de lessive de potasse, puis on chauffe au bain de sable. Après 1 heure ou 1 heure ½ il ne reste plus d'AzH^3. On retire le ballon du feu et quand il est froid, on ajoute 12 gr. de potasse à l'alcool. On dispose alors le ballon au milieu de glace pilée, on verse une dizaine de grammes de limaille ou de feuilles d'Al passées à la flamme, on bouche soigneusement et on abandonne le tout pendant une vingtaine d'heures. Après ce temps on distille avec le dispositif de Schlœsing, on recueille l'AzH^3 produite et on la dose comme nous l'avons vu à

l'aide de 2 solutions normales, l'une d'acide sulfurique, l'autre de soude.

Sachant que 17 gr. d'AzH^3 correspondent à 63 gr. d'acide nitrique pur, à 47 gr. d'acide nitreux, etc, on en conclut par le calcul la proportion correspondante de ces acides ou de leurs sels.(1)

Quand on fait une analyse d'eau, on doit donc rendre compte de l'Az ammoniacal (AzH^3 libre et sels ammoniacaux), de l'Az organique ou albuminoïde (Az des matières organiques azotées), de l'Az nitrique (nitrates et nitrites). Il est même utile de scinder l'Az organique en 2 : celui qui provient des matières azotées solubles (urée, etc) et celui engendré par les substances albuminoïdes insolubles (infusoires, microbes, etc), on arrive à cette séparation en filtrant l'eau à travers un filtre de porcelaine dégourdie. Quant à l'Az total c'est la somme de tous ces azotes, on l'évalue en poids et en volume.

~~Quelle~~ Quelle que soit son origine, nous avons toujours dosé l'Az à l'état d'AzH^3. Pour transformer le poids d'AzH^3 en Az, il suffit de le multiplier par la fraction $\frac{14}{17}$ ou 0.82353 et en multipliant le poids trouvé en milligr. par 0.796 on convertit le poids en cc. Ainsi, l'eau du Grand collecteur, en Février 1877, donnait les chiffres suivants :

Azote ammoniacal	6 mg 88		
Azote nitrique	1 mg 90		
Azote albuminoïde (ou organique)	32 mg 64	matières solubles	14
		insolubles	18.64
Azote total	41 mg 42		

ce qui fait en volume 41.42 mg × 0.796 ou 32 cc 97

Hydrotimétrie — On désigne sous le nom d'hydrotimétrie (ὕδωρ, eau; τιμή, valeur ; μέτρον, mesure), une méthode d'essai destinée à faire connaître la bonne ou la mauvaise qualité d'une eau. Elle s'adresse seulement aux substances minérales et en particulier aux sels de chaux et de magnésie. Grâce à elle on peut apprécier rapidement la dureté des eaux ou, ce qui est synonyme, leur propriété à précipiter le savon et à durcir les légumes.

L'idée première de l'essai de la dureté des eaux est due

---

(1) Voir Journal de Pharmacie et de Chimie, 1894. n° 9 : Dosage de l'Az nitrique dans les eaux à l'état de bioxyde d'azote par M. Barillé

à Clarke. Elle dérive de cette remarque qu'une solution de savon agitée avec de l'eau distillée donne immédiatement une mousse abondante et persistante, tandis qu'agitée avec une eau renfermant en solution des sels calcaires ou magnésiens, il se forme des grumeaux de savons terreux insolubles, et la mousse n'est persistante qu'autant qu'on a mis assez de savon pour décomposer tous les sels terreux en combinant leurs bases aux acides gras du savon. Boutron et Boudet ont tellement perfectionné le procédé primitif qu'on peut dire que la méthode hydrotimétrique est sortie entièrement de leurs mains.

En dehors des sels terreux, il y a dans l'eau un autre élément qui décompose le savon, c'est le CO^2. On le démontre en faisant passer un courant de ce gaz dans une solution étendue de savon de soude. Peu à peu celle-ci se trouble, devient laiteuse et perd sa propriété de mousser par l'agitation. Si on filtre la liqueur on isole un précipité qui est un savon avec excès d'acide gras et dans la liqueur on trouve du bicarbonate de soude.

Le nécessaire hydrotimétrique est ainsi constitué.

Instruments —

1°) Une burette hydrotimétrique — C'est une burette anglaise graduée d'une façon spéciale. Vers le milieu est un trait circulaire A ; bien au-dessus, vers l'extrémité supérieure, un autre trait circulaire B indique une contenance de 2cc4 entre A et B. L'intervalle AB est divisé en 23 parties égales et, ce qui est particulier, est que le zéro n'est pas au trait B, mais à la première division au-dessous. Le trait circulaire A porte donc le chiffre 22. Néanmoins, quand on remplit l'instrument, il faut que le liquide affleure au trait B, par la raison que la quantité de liquide qui surmonte ainsi le zéro est employée à produire une mousse persistante avec 40cc d'eau distillée et n'est par conséquent pas décomposée par les sels de l'eau à analyser.

Cette burette peut se remplacer par une burette ordinaire: un degré hydrotimétrique correspond en effet à 0cc1043.

2°) Un flacon d'une contenance d'environ 100cc: il porte 5 traits circulaires correspondant à 10, 20, 30, 40 et 80cc.

3°) Une pipette d'environ 2cc divisée en vingtième de cc. Chaque division équivaut donc à une goutte d'eau distillée

4°) Un ballon de 200 ou 300cc. il porte un trait circulaire à la partie inférieure du col.

Réactifs —

1°) Eau distillée pure, sans acide carbonique

2°) Liqueur de Savon — Elle se prépare avec :

{ Savon blanc amygdalin, râpé et séché 100 gr
{ Alcool à 90° 1600 gr

on fait dissoudre à chaud, on filtre et on ajoute

Eau distillée à 0° hydrotimétrique 1000

on filtre à nouveau.

3°) Solution d'oxalate d'AzH^3 à 1/60 environ

4°) Liqueur titrée d'azotate de baryte contenant :

{ azotate de baryte 0.59
{ Eau distillée q.s. pour 1000 cc

c'est la liqueur d'épreuve.

5°) Solution de chlorure de baryum préparée avec

{ chlorure de baryum 1 gr
{ eau distillée q.s. pour 100 cc

on peut aussi faire cette liqueur barytique en remplaçant le chlorure par 1.07 d'azotate de baryte.

6°) Solution argentique

{ azotate d'argent cristallisé 1.39
{ eau distillée q.s. pour 100 cc

1 cc de cette solution, ou de la précédente, correspond à 10° hydrotimétriques.

Ceci étant, nous devons titrer la liqueur de savon qu'on appelle aussi liqueur hydrotimétrique.

On mesure dans le flacon 40 cc de liqueur d'épreuve (solution n° 4), puis on remplit la burette de liqueur de savon. Goutte à goutte on verse de cette liqueur dans le flacon, en ayant soin d'agiter vivement celui-ci après chaque addition. Quand l'agitation fait paraître une couche de mousse, épaisse de 0.01, et persistant pendant plusieurs minutes, l'opération est terminée. Si le niveau de la liqueur savonneuse est à la division 22, il n'y a rien de plus à faire, la liqueur est bonne car elle est préparée de telle façon que 2 cc 4 produise le collier de mousse avec 40 cc de liqueur d'épreuve.

Si on a dépensé moins de 22 divisions, 19 par exemple, la liqueur de savon est trop concentrée, il faut l'étendre d'eau distillée pour l'amener au titre requis. La proportion d'eau à ajouter est la 23ème partie du poids de la liqueur pour chaque degré en moins. Supposons qu'on ait affaire à 230 gr de liqueur hydrotimétrique, c'est 30 gr. d'eau distillée à y verser puisqu'on a 3° d'écart.

Si le nombre est supérieur à 22, la liqueur de savon

est trop faible, il faut la remonter en savon. On y ajoute de la teinture de savon et on rentre dans le cas de la liqueur trop forte dont nous venons de voir la correction.

Détermination du degré hydrotimétrique — On verse dans un verre à expérience 20 à 25 cc. de l'eau à analyser, puis 1cc de liqueur de savon. On agite, si, après quelques instants, l'eau est opaline, sans grumeaux, on peut faire directement l'essai. S'il se forme des grumeaux, c'est que l'eau à examiner est trop minéralisée et il faut l'étendre avec de l'eau distillée car les grumeaux de savons insolubles s'opposent à la formation de la mousse et l'essai hydrotimétrique se fait mal. On tient compte de la proportion d'eau distillée ajoutée dans le résultat final. Les traits circulaires que porte le flacon et qui correspondent à 30, 20 et 10cc servent à faire les dilutions convenables d'eau à examiner et d'eau distillée.

Si cet essai préliminaire nous montre que l'eau n'est pas trop minéralisée, on verse dans le flacon 40cc de cette dernière et l'on ajoute peu à peu, surtout à la fin de l'opération, la liqueur hydrotimétrique. Dès que, en agitant le flacon, on obtient une mousse persistante et épaisse, l'essai est terminé. Le chiffre lu sur la burette donne le degré hydrotimétrique de l'eau. Soit 23°, cela veut dire : que 1 litre de cette eau décompose 23 décigr. de savon avant d'arriver à dissoudre ce corps, ou que ce même litre renferme environ 23 centigr. de carbonate de chaux ou son équivalent de tout autre sel terreux.

Tableau d'équivalents en poids d'un degré hydrotimétrique pour un litre d'eau.

Chaux	0.0057	Sulfate de magnésie	0.0125
Chlorure de calcium	0.0114	Chlorure de sodium	0.012
Carbonate de chaux	0.0103	Sulfate de soude	0.0146
Sulfate de chaux	0.014	Acide sulfurique	0.0082
Magnésie	0.004	Chlore	0.0073
Chlorure de magnésium	0.009	Savon	0.1061
Carbonate de magnésie	0.0088	Acide carbonique	5cc

Tous ces corps sont évalués à l'état anhydre. Exception pour le savon qui est à 30% d'eau (1).

Ce tableau nous montre que, d'une façon générale, le degré hydrotimétrique représente à peu près le poids en centigr. de sels terreux contenus dans 1000cc d'eau, de sorte que si le degré est 23, on peut présumer que le poids des sels terreux est voisin de 23 à 25 centigr. par litre. Cette coïncidence

(1) 7ème Édition de l'Hydrotimétrie par Boutron et Boudet, p. 56

est précieuse, elle a été constatée dans une longue série d'analyses.

Clarke s'arrêtait ici. Boutron et Boudet ont étendu et modifié sa méthode.

Dosage de l'acide carbonique et des sels calcaires et magnésiens — Pour effectuer ce dosage, il faut recourir aux 4 opérations suivantes:

A) On prend le degré de l'eau naturelle ;

B) A 50cc de l'eau à examiner, on ajoute 2cc de la solution d'oxalate d'AzH^3 à 1/60. On agite, après repos de 1/2 heure, on filtre au papier Berzélius lavé à l'eau distillée bouillante. On mesure 40cc de la liqueur filtrée et on en prend le degré comme plus haut ;

C) Dans le ballon de 200cc, on fait bouillir de l'eau naturelle pendant 1/2 heure. Après refroidissement, on rétablit le volume primitif avec de l'eau distillée à 0° hydrotimétrique, on agite le tout pour saturer le liquide des carbonates qui sont précipités, on filtre, et on prend le degré hydrotimétrique de la liqueur filtrée. Il faut diminuer le nombre obtenu de 3°, ces 3° correspondent aux carbonates calcaire et magnésien que l'eau tient en dissolution.

D) A une seconde partie de cette eau bouillie et filtrée, on ajoute 2cc de la solution d'oxalate d'AzH^3, on procède ensuite comme à B.

Supposons que ces 4 opérations nous aient donné les chiffres suivants :

A	Degré de l'eau à l'état naturel	25°
B	——— précipitée par l'oxalate	11°
C	——— bouillie	15°
D	——— bouillie et précipitée par l'oxalate	8°

Il faut commencer à retrancher 3° du résultat C, le degré réel devient alors 12 pour l'eau bouillie et filtrée. Les 4 chiffres doivent être interprétés ainsi :

A Le 1er 25° représente le CO^2 et les sels terreux, calcaires et magnésiens

B Le 2ème, 11°, correspond au CO^2 et aux sels magnésiens les sels de chaux ont été éliminés par l'oxalate d'AzH^3. De sorte que la différence entre 25 et 11, soit 14°, représente l'ensemble de la chaux.

C La 3ème opération nous donne, après correction, 12°. Les 12° représentent les sels de chaux et de magnésie autres que le carbonate. L'ébullition ayant fait dégager le CO^2 et les carbonates terreux s'étant précipités, le nombre de

8 degrés, correspondant à CO^2 et à ces derniers, s'obtient en faisant la différence entre les opérations 1 et 3. Dans le cas choisi, c'est 25 – 12 ou 13°.

D La 4ème opération (8°) représente les sels de magnésie solubles, ils n'ont pu être précipités ni par l'ébullition, ni par l'oxalate d'AzH^3.

En définitive, les chiffres fournis par ces 4 opérations peuvent donner lieu aux calculs suivants:

A – B = totalité des sels de chaux (14°), soit E

C (réduit de 3°) représente les sels de chaux et de magnésie autres que le carbonate (12°)

A – C = acide carbonique libre et carbonates terreux (13°), soit F

D + E = sels de magnésie solubles et sels de chaux solubles et insolubles (22°), soit G

A – G = acide carbonique libre (3°), soit H

F – H = carbonates terreux (10°)

C – D = sels de chaux solubles (4°)

Voici comment il faut représenter une analyse hydrotimétrique :

1°	Degré hydrotimétrique	25°
2°	CO^2 libre ou combiné aux carbonates sous forme de bicarbonates	3°
3°	Carbonates terreux évalués en carbonate de chaux	10°
4°	Sels de chaux solubles évalués en sulfate de chaux	4°
5°	Sels de magnésie solubles (sulfate ou chlorure)	8°

Pour transformer ces degrés en poids, il suffit de les multiplier par les nombres qui se trouvent dans le tableau des équivalents en poids de un degré hydrotimétrique pour un litre d'eau. Les résultats deviennent :

1°	Acide carbonique libre	3° × 5 cc	=	15 cc
2°	Carbonate de chaux	10° × 0.0103	=	0 gr 103
3°	Sulfate de chaux	4° × 0.014	=	0.056
4°	Sulfate de magnésie	8° × 0.0125	=	0.1
				0.259

On remarquera que le poids des sels terreux étant 0.259 et le degré hydrotimétrique 25, la remarque que nous avons faite à propos de l'égalité entre le degré hydrotimétrique et le nombre de centigr. de sels terreux se trouve confirmée. Si on trouvait discordance entre ces deux chiffres ce serait un indice qu'on a mal opéré.

sage de l'acide sulfurique et du chlore — Un pharmacien militaire, on
Dupuis, a complété la méthode pour doser les sulfates et les chlorures. On se sert de l'eau bouillie et filtrée de l'opération C. Supposons que l'on veuille déterminer la proportion d'acide sulfurique d'une eau.

On prend le degré hydrotimétrique de cette eau bouillie, soit 15°. On ajoute l'équivalent de 15° de solution barytique (Solution n°5), c'est à dire 1cc5, à 40cc d'eau bouillie mise dans le flacon. Il résulte de cette addition que le liquide devrait titrer 30°, puisque son titre a été doublé. Mais on ne détermine pas ce titre et on complète avec de l'eau distillée pure le volume de 80cc. On agite, on filtre, on recueille le liquide dans un second flacon où on en met 40cc et on procède au titrage.

Le titre hydrotimétrique ayant été doublé, puis dédoublé, on devrait trouver 15°, mais si l'eau à examiner renferme des sulfates, une partie du chlorure de baryum ajouté a servi à les précipiter, aussi le degré hydrotimétrique baisse-t-il proportionnellement à la quantité de sulfate de baryte qui s'est formée. Si on trouve 9°, on en conclut que 15° − 9° = 6° correspondent aux sulfates contenus dans l'eau.

Pour déduire de cette indication la teneur en acide sulfurique, il suffit de multiplier 6 par l'équivalent en acide sulfurique de un degré hydrotimétrique. Dans l'exemple choisi, l'eau contient 0.0082 × 6 = 0.0492 d'acide sulfurique anhydre, ce qui correspond, suivant la base avec laquelle cet acide est uni, à :

Sulfate de chaux 0.014 × 6 = 0.084
Sulfate de magnésie 0.0125 × 6 = 0.075
Sulfate de soude 0.0146 × 6 = 0.0876

Pour le dosage des chlorures, on opère de même, on remplace seulement la solution barytique par la solution argentique (n°6).

En résumé, la méthode hydrotimétrique permet de déterminer le CO^2 libre ou à l'état de bicarbonates, les sels de chaux et de magnésie, la proportion de chlore à l'état de chlorures, la proportion d'acide sulfurique à l'état de sulfates. En tout on fait 6 opérations : 2 avec l'eau naturelle, 4 avec l'eau bouillie.

Au-dessous de 5° hydrotimétriques, les eaux sont trop peu minéralisées. Les eaux potables marquent de 5 à

25°. De 26 à 60° sont les eaux médiocres. Au-dessus de 60° les eaux sont impropres à l'alimentation et aux usages domestiques.

Voici quelques chiffres donnés par divers auteurs et extraits de la 7ème édition de l'Hydrotimétrie, par Boutron et Boudet (Masson, éditeur).

Boufarick (fontaines publiques)	16°5
Le Danube (à Vienne)	22°5
La Garonne (à Bordeaux)	11°
Aqueduc du Hamma } Alger	25°5
Aqueduc du Télemly } Alger	22°5
La Loire (à Tours)	5°5
Canal de l'Ourcq	30°
La Dhuys (source)	24°
La Vanne (sources)	18 à 20°
Puits artésien de Grenelle	9°
La Seine (pont d'Ivry)	15°
La Marne (à Charenton)	23°
un puits à Belleville (Paris)	128°

ECOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE BIBLIOTHÈQUE PARIS

Analyse microscopique

L'analyse chimique d'une eau potable doit être complétée par l'analyse microscopique.

Nous avons vu plus haut que les eaux pouvaient renfermer des matières organiques de diverses sortes, hydrocarbonées ou azotées, dissoutes ou en suspension. Ces dernières n'auraient pas grande importance puisque la filtration suffit pour les éliminer, si, parmi elles, ne se trouvaient certains organismes dont la présence donne de précieuses indications sur la potabilité des eaux.

Ces organismes, le plus souvent microscopiques, appartiennent à la zoologie ou à la botanique, on peut les répartir dans le tableau suivant :

1° Bactéries
2° Monades
3° Infusoires, Rotifères, petits Crustacés
4° Algues vertes, quelquefois brunes
5° Produits divers

ce dernier groupe est varié à l'infini. A côté des produits organisés (débris de feuilles, fragments de bois, amidon, poils végétaux ou animaux, ailes et pattes d'insectes, cellules épidermiques, œufs d'entozoaires, etc), on trouve des matières minérales (silice amorphe, globules de carbonate de chaux, etc).

Les représentants des quatre premiers groupes n'ont pas au point de vue de la qualité de l'eau une même importance et on peut classer les eaux dans une des 3 catégories suivantes selon les produits que l'on y rencontre :

1° Eaux potables
- très pures ——— 0
- ordinaires
  - Algues vertes (Protococcus, Conferves, etc)
  - Diatomées
  - quelques Infusoires ciliés, Entomostracés et Rotifères

2° Eaux douteuses
- Algues en quantité notable
- Infusoires, Entomostracés, Rotifères, etc
- Monades en petite quantité. Détritus organiques

3° Eaux corrompues
- pas d'Algues. Beaucoup de détritus organiques, d'Infusoires (Infusoires flagellates ciliés), de Monades et de Bactéries

Ainsi les plantes à chlorophylle, les Algues, sont l'indication d'une eau de bonne qualité ; en respirant, elles oxygénisent l'eau et cet O brûle les matières organiques. Le contraire se passe pour les plantes sans chlorophylle et les animaux, ceux-là absorbent l'O et dégagent CO^2. En thèse générale, on peut dire que les Infusoires vivent aux dépens des Algues, que les Monades vivent aux dépens des Algues et des Infusoires ; quant aux Bactéries, elles vivent aux dépens des détritus organiques et il y en a d'autant plus que l'eau est plus corrompue. Lorsque les Bactéries abondent dans une eau, celle-ci devient trouble, laiteuse ; à un moment donné, par défaut de nourriture, elles disparaissent et l'eau redevient limpide. D'où ce dicton de l'ancienne marine « eau eau doit avoir pourri 3 fois pour être bonne ».

Pour étudier les plantes et les animaux microscopiques on opère ainsi : on dissout 0.5 d'acide osmique dans 50^{cc} d'eau distillée. On met dans un verre à expérience 50^{cc} d'eau à examiner, on ajoute 2^{cc} de solution osmique et, après 5 minutes, 50^{cc} d'eau distillée. 24 heures après on décante, le dépôt contient tous les organismes tués, mais non

déformés. On en délaye une parcelle dans une goutte de glycérine et on examine au microscope.

Voici la liste de quelques Algues, Infusoires et Crustacés que nous avons trouvés dans l'eau d'un bassin du jardin botanique de l'Ecole de Médecine d'Alger. La thèse de Neuville (Ecole de Pharmacie de Paris, 1880) et le Guide du micrographe de Beauregard et Galippe nous ont aidé à les déterminer :

- Algues vertes
  - Conjuguées
    - Spirogyra
    - Closterium lunula
    - Cosmarium botrytis
  - Coenobiées
    - Pediastrum granulatum
    - Scenedesmus quadricauda
    - Pandorina morum
  - Siphonées
    - Protococcus, etc
  - Confervacées
    - Cladophora, etc
  - Characées
    - Chara
- Diatomées nombreuses
- Euglena viridis (Infusoires)
- Kolpodes, Plæsconia cithara, etc (Infusoires ciliés)
- Rotifer vulgaris
- Brachionus ovatus (Rotifères)
- Cyclops quadricornis (Crustacés)
- Larves de Moustiques
- etc, etc

ECOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS BIBLIOTHÈQUE

En résumé, la flore microscopique d'une eau permet de donner d'utiles renseignements sur sa valeur. C'est ainsi que la présence d'Algues sans chlorophylle (notamment Beggiatoa alba et Oscillaria natans), fait penser de suite à une eau corrompue ; tandis que l'existence d'Algues bien vertes et de structure compliquée annonce une eau pure et par conséquent potable.

M. Bokorny [1] vient de faire sur ce sujet une étude très intéressante, il a recherché l'influence que les plantes aquatiques vertes exercent sur l'épuration des eaux. Ses conclusions confirment ce que nous venons d'écrire : « Si l'on songe que 10 gr. d'algues détruisent en 10 jours ± 1 décigr. de substance organique, on peut se faire une idée approximative de la rapidité avec laquelle la végétation abondante des fleuves et des rivières détruit les matières organiques

(1) Journal de Pharmacie et de Chimie, 15 Janvier 1895 page 76

contenues dans leurs eaux ..... »

La flore macroscopique fournit de son côté des indications utiles. Dans les Annales d'Hygiène publique (Janvier, 1875), M. Gérardin s'exprime ainsi : « Le cresson de fontaine me semble la plus délicate des plantes aquatiques ; sa présence caractérise les eaux excellentes. Les épis d'eau et les véroniques ne poussent que dans les eaux de bonne qualité.

Les roseaux, les patiences, les ciguës, les menthes, les salicaires, les scirpes, les joncs, les nénuphars s'accomodent des eaux médiocres. Les carets vivent dans les eaux très médiocres.

Enfin, il résulte de mes observations que l'Arundo phragmites est la plus robuste des plantes aquatiques. Elle survit la dernière et continue à croître et à se développer dans les eaux les plus infectes.

Parmi les mollusques, la Physa fontinalis ou Bulla ne vit que dans des eaux très-pures, la Valvata piscinalis dans les eaux saines ; la Limnea ovata et stagnalis, le Planorbis margitatus dans des eaux ordinaires ; le Cyclas cornea, la Bythinia impure et le Planorbis corneus dans des eaux médiocres. Aucun mollusque ne vit dans les eaux infectées, ou du moins jamais je ne les ai observés vivants dans les eaux complètement corrompues. »

Mais si la plupart des corps organisés sont visibles au microscope, certains autres, et les plus intéressants, ne le sont qu'après avoir été colorés ou cultivés. Ce sont les Bactéries et leurs spores, les Microbes, toutes les eaux en renferment et l'échelle suivante dressée par Miquel indique la teneur en microorganismes des différentes catégories d'eau, en laissant de côté la présence de bactéries pathogènes :

	Bactéries par c.c.
Eau excessivement pure	0 à 10
— très pure	10 à 100
— pure	100 à 1000
— médiocre	1000 à 10.000
— impure	10.000 à 100.000
— très impure	100.000 et au delà

Appliquons ces données aux eaux qui alimentent Paris, nous trouvons pour moyennes :

Vanne	800 par c.c.
Dhuis	1890

Seine (Ivry) 32.500
Marne (Saint-Maur) 36.300 par cc.

les eaux de la Vanne sont donc dans le groupe des eaux pures, celles de la Dhuis dans celui des eaux médiocres. Les eaux de la Seine et de la Marne sont impures et ne doivent pas être bues.

Comme la teneur en microbes d'une eau varie beaucoup suivant la saison et l'état de hautes ou de basses eaux, il faut en tenir compte quand on donne le résultat d'une analyse bactériologique.

Le nombre des bactéries n'est pas tout, il est surtout utile de déterminer leur qualité. Certaines de ces Algues produisent en effet des phénomènes remarquables. Les unes fabriquent des principes colorants, elles sont chromogènes; d'autres donnent lieu à des fermentations, elles sont zymogènes. Mais les plus intéressantes pour nous sont les bactéries pathogènes, celles qui, se développant dans le corps de l'homme et des animaux, y engendrent des maladies. C'est ainsi qu'une eau classée dans le groupe des eaux pures avec 500 germes par cc. est tout à fait mauvaise si, parmi ces 500 microbes, se trouvent des espèces pathogènes (B. coli communis, B. d'Eberth, Komma-bacille, etc)

Quand on veut procéder à l'analyse microbiologique d'une eau, il faut la recueillir avec des précautions spéciales car on doit éviter avant tout l'introduction de germes de provenance étrangère à l'eau à examiner. En un mot, les récipients qui servent à récolter le liquide doivent être aseptiques. On réalise ce desideratum par la chaleur ou par le lavage avec une solution antiseptique. Nous indiquerons seulement la façon dont M. Rietsch (de Marseille) procède à la confection des récipients stériles.

On prend des tubes à essai bouchés avec un tampon d'ouate et stérilisés au four Pasteur à + 150°. On les étire longuement à la lampe au-dessous du bouchon de coton, puis, par un trait de chalumeau, on détache la partie inférieure avec son long bec; la pointe de celui-ci est alors brisée, à l'aide de pinces flambées et au sein d'une couche d'eau stérilisée contenue dans un godet également stérilisé. Un peu d'eau se précipite dans le tube à ce moment; on le redresse et on le place dans un petit appareil construit de la sorte: 3 toils métalliques sont superposées sur un support au-dessus d'un bec Bunsen; sur les toiles on place un

morceau de tuyau de poêle ayant une longueur à peu près égale à celle que les tubes doivent posséder finalement. On installe les tubes à l'intérieur du tuyau, au-dessus de la flamme et la pointe en haut. L'eau entre en ébullition et chasse l'air ; bientôt, faute d'eau, le jet de vapeur s'arrête à la pointe du tube, et celui-ci se trouve porté à une haute température par le courant d'air chaud déterminé par le bec Bunsen. Quand le jet de vapeur s'est arrêté depuis quelques instants on dirige la pointe du chalumeau sur l'extrémité du tube, on scelle ainsi le tube stérilisé et vide d'air.

Ces tubes peuvent servir pour opérer un puisage superficiel (ruisseau, rivière, lac, mare, égout, etc). On les emporte au milieu d'une couche d'ouate flambée ; arrivé au lieu de puisage on les retire avec une pince flambée ou la main lavée au sublimé ; on plonge leur extrémité effilée dans l'eau à recueillir, on casse la pointe avec des ciseaux flambés au sein de l'eau même qui monte alors rapidement dans le tube. Quand le liquide remplit environ les 2/3 du tube, on le retourne et, à l'aide d'un chalumeau, on en scelle la pointe. On s'assure enfin, en secouant le tube, que la fermeture est bien complète.

Avant de quitter le lieu du puisage, il faut prendre la température de l'eau, la température diurne moyenne, la hauteur des eaux (rivière, fleuve) et indiquer aussi l'état de limpidité.

Comme le nombre des bactéries contenues dans une eau s'élève notablement en raison des heures qui suivent son puisage et aussi de la température, il faudrait pouvoir pratiquer l'analyse microbiologique séance tenante. Ceci n'étant pas le plus souvent possible, il faut essayer de se tenir dans les conditions les plus favorables et prendre certaines précautions pour l'envoi de l'eau au laboratoire.

Pour l'expédition à une grande distance, les tubes où se trouve l'eau sont enveloppés de plusieurs doubles de papier à filtrer et introduits dans une boîte métallique remplie de sciure. On place cette boîte au milieu d'une caisse de bois qui renferme un mélange de glace et de sciure et cette caisse est, à son tour, placée au milieu de sciure, dans une seconde caisse beaucoup plus grande. En tout, 3 caisses : l'intérieure et l'extérieure garnies de sciure, la moyenne d'un mélange de glace et de sciure. La glace fond lentement et l'eau reste au voisinage de zéro.

Quand le laboratoire est proche du lieu de puisage il suffit pour rapporter les tubes de les envelopper de papier à filtrer et de les mettre dans une boîte métallique avec quelques morceaux de glace. Pour plus de sûreté on peut envelopper cette boîte d'une couverture de laine.

En somme, toutes les fois que la température athmosphérique est supérieure à 0°, il est nécessaire que les tubes soient envoyés avec de la glace.

Analyse quantitative — Supposons que nous voulions compter les microbes et leurs germes, faire une analyse bactériologique quantitative ; nous avons le choix entre beaucoup de procédés. Parmi eux nous en choisirons un, celui de M. Girard, directeur du laboratoire municipal de la ville de Paris. ~~Cette mé~~ C'est une méthode de culture sur les solides qui ne diffère en somme de celle de Koch que par la substitution d'un flacon à la plaque de verre ; elle est simple et donne de bons résultats.

Comme la quantité d'eau à mettre en oeuvre dépend du plus ou moins grand nombre de germes qu'elle renferme, il est utile, avant de passer à la numération, de faire un essai préliminaire ; il nous apprendra quelle dilution nous devons faire subir à l'eau avant d'en cultiver les microbes suivant la méthode de Girard. Voici la marche indiquée par le Dr A. Smith dans la Revue d'hygiène (1883) :

Dans 1000 gr. d'eau distillée on fait dissoudre 40 gr. de gélatine en feuilles minces et 0.02 de phosphate de soude, on porte à l'ébullition, on clarifie à l'aide d'un blanc d'oeuf, on filtre. On porte à l'autoclave à + 115°. A 25cc de cette solution, on ajoute 25cc d'eau à examiner, et l'on maintient le tube, durant quelques minutes, dans un bain à la température de + 35° afin que le mélange soit intime. On bouche les tubes avec de l'ouate et on les porte dans une chambre un peu chaude où on les conserve plusieurs jours.

M. Smith a observé les résultats suivants. Dans une eau où il y a des germes, ceux-ci sont autant de centres autour desquels la gélatine se décompose. Dès le deuxième jour, on distingue plusieurs petits points blancs ; le lendemain de petites sphères huileuses apparaissent, une zone trouble se forme à la surface de la gelée, au microscope on y découvre une multitude de bactéries. Le 3ème et le 4ème jours, la zône trouble s'étend et la gélatine se liquéfie en commençant par la couche supérieure, d'autant plus rapidement

que l'eau est plus impure. Quand on s'adresse à une eau corrompue, infecte (eau d'égout), la couche supérieure se liquéfie et devient lactescente, putride au bout de 48 heures et dégage des gaz inflammables.

Cette méthode est longue, elle exige la conservation à la glacière, pendant un temps assez long, de l'échantillon destiné à l'analyse définitive, mais elle est simple et n'exige qu'un matériel peu compliqué. Elle n'est pas aussi scientifique que le procédé d'analyse préalable de M. Miquel, mais elle nous permet néanmoins de savoir si l'eau doit être peu ou très diluée avant de passer à l'opération suivante.

Procédé de M. Girard — M. Girard se sert comme milieu de culture de la gélatine nutritive de M. Smith (paragraphe ci-dessus) qui ne se liquéfie qu'à + 34°. On la fait liquéfier et on la répartit à la dose de 10cc dans une série de fioles coniques dits flacons d'Erlenmeyer. Elles sont d'une contenance d'environ 100cc et ont un fond plat de 0.09 de diamètre; sur ce fond on trace un quadrillage à l'aide d'une plume et d'encre ordinaire. Chaque fiole est bouchée avec un bouchon percé de 2 trous, l'un donne passage à un tube de verre muni d'un tampon d'ouate, l'autre à un tube à entonnoir pourvu d'un robinet. Les flacons étant garnis de gélatine, on les porte à l'autoclave pour stériliser.

La stérilisation obtenue, on laisse refroidir les flacons et quand la température est voisine de + 34°, on verse par le tube à entonnoir 1cc. de l'eau à analyser (dilution à 1 ‰ par exemple). Après agitation pour parfaire le mélange, on dispose les fioles ensemencées à l'étuve chauffée à + 24 ou + 25°. Quand, après 3 à 4 jours, le nombre des colonies paraît stationnaire, on les compte soit à l'œil, soit en s'aidant d'une loupe. Le quadrillage du fond facilite la numération. Si on a ensemencé 1cc. de dilution à 1 ‰, le nombre des colonies × 1000 donne la proportion de microorganismes dans un cc. de l'eau examinée.

Analyse microbiologique qualitative — Sachant compter le nombre de microbes ou de leurs germes renfermés dans 1cc. d'eau, nous pouvons aller plus loin, chercher quels sont ces microbes. Nous n'indiquerons que le principe de la méthode, elle consiste à saisir séparément, au moyen d'une pipette effilée, un échantillon de chacune des espèces de colonies qui paraissent dissemblables pour les cultiver ensuite séparément.

Après 3 ou 4 sélections et cultures successives, les espèces séparées sont généralement pures et aptes à être déterminées. C'est là l'inconvénient de la numération à l'aide des flacons d'Erlenmeyer (procédé Girard), car il est difficile d'aller cueillir telle ou telle colonie pour l'apporter sous le microscope ou la cultiver.

Jusqu'ici tout ce que nous avons dit se rapporte aux microbes aérobies ceux qui, pour vivre et pour se développer, ont besoin d'oxygène libre. Mais à côté d'eux il s'en trouve d'autres qui redoutent l'action de cet élément, ce sont les anaérobies ; le Vibrion septique (Bacillus septicus) en est le type. Une 3ème catégorie est constituée par les anaérobies facultatifs qui vivent aussi bien dans l'air ou à l'abri de l'oxygène. Pour cultiver les anaérobies, rares dans les eaux, sinon dans celles d'égoûts, M. Miquel indique d'employer un bouillon de culture privé d'air et recouvert d'une couche de vaseline paraffinée.

Nous donnons ici quelques unes des formes de la famille des Bactériacées que l'on a rencontrées dans les eaux :

Micrococcus { ureæ, luteus, prodigiosus, radiatus, aquatilis, concentricus, etc }

Bacillus { subtilis, termo, fluorescens liquefaciens, liquidus, mesentericus ruber, etc }

Bacterium luteum, etc

Spirillum { amyliferum, plicatile, rugula, volutans, undula, etc }

Crenothrix Kühniana, etc

Cladothrix dichotoma, etc

Sarcina { lutea, alba, etc }

La famille des Nostocacées, voisine de celle des Bactériacées, nous offre :

Beggiatoa { alba
thiothrix nivea
thiothrix tenuis
roseo persicina, etc

les Beggiatoa sont surtout les hôtes des eaux sulfureuses, ils ne sont plus aussi rudimentaires que les Bactériacées proprement dites, nous en reparlerons à propos des eaux sulfureuses.

Parmi les Bactériacées dont nous venons de donner les noms, il s'en trouve de zymogènes, de chromogènes, aucune n'est pathogène, c'est, qu'à moins de circonstances spéciales, celles-ci sont rares dans les eaux. Nous dirons cependant qu'on y a rencontré les espèces pathogènes suivantes :

Micrococcus Biskra (clous de Biskra)
Staphylococcus pyogenes aureus (furoncle, abcès, ostéomyélite, etc)
Bacillus { anthracis ou de Davaine (charbon)
coli communis ou d'Escherich
pyocyaneus ou de Gesard (pus bleu)
typhique ou d'Eberth
septicus ou de Pasteur
du tétanos ou de Nicolaïer
Spirillum cholerae ou Kommabacillus (Koch)

et pour tous ces microbes, comme pour tous les pathogènes que l'eau peut accidentellement contenir, alors que les cultures laissent quelques doutes sur leur identité, c'est à l'inoculation de celles-ci aux animaux qu'il faut demander d'être définitivement fixé.

Mais sur cette pente, arrêtons-nous. La recherche qualitative des microbes de l'eau ne donne pas aujourd'hui les résultats qu'elle faisait espérer. Il y a quelque temps, le bacille typhique était considéré comme une espèce bien nette qu'on ne pouvait confondre avec aucune autre, actuellement son identité est fortement contestée quand on le trouve à côté du B. coli communis (1).
L'analyse bactériologique quantitative donne au contraire aisément des renseignements utiles, elle ne doit pas être négligée et, si on veut la compléter, on peut s'en tenir aux travaux de Migula, de Karlsruhe : déterminer le nombre des espèces qui constituent la flore microbienne et regarder comme 10 l'extrême limite que ne doit pas dépasser une bonne eau potable. On comprend en effet que les microbes,

(1) Journal de Pharmacie et de Chimie (1er Juillet 1894) « Sur la recherche du bacille typhique dans les eaux » par M. Grimbert

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

autres que les pathogènes, ne sont pas nuisibles par eux-mêmes, mais leur abondance en espèces indique que le milieu est favorable et que, le cas échéant, les microbes pathogènes s'y développeront et y prospèreront.

Eaux non potables
(Moyens de correction)

Le tableau ci-dessous groupe les causes auxquelles on peut rattacher l'impotabilité des eaux :

1° Défaut d'aération ou de minéralisation

2° Défaut de limpidité, de fraîcheur, etc

3° Substances en dissolution

- minérales
  - excès de carbonate de chaux
  - —— sulfate de chaux
  - —— sels magnésiens
  - —— sulfate de soude
  - —— chlorure de sodium
  - présence de chlorure de calcium
  - —— azotates (Ca ou K)
  - —— sels ammoniacaux
  - —— gaz délétères (H^2S, etc)
  - —— composés toxiques (Sn, Cu, Pb, As, Zn, Ba, etc)
- organiques
  - présence de composés gazeux (carbures d'H, etc)
  - excès de matières organiques hydrocarbonées
  - présence de matières organiques azotées
    - solubles (urée, etc)
    - insolubles (bactéries, etc)

Etudions en détail chacune de ces causes d'impotabilité et voyons les moyens d'améliorer les eaux qui les présentent, de les rendre potables.

Défaut d'aération et de minéralisation — Nos études antérieures nous ont appris que l'eau potable renferme de 25 à 50cc de gaz dissous par litre. Toute eau qui contient une proportion de gaz inférieure à 25cc par litre est mal aérée, elle est d'une digestion difficile, on la dit lourde. Pour remédier à ce défaut, il suffit de battre l'eau ou de la faire tomber en cascade d'un ~~[illegible]~~ lieu un peu élevé.

Boussingault et Chossat ont dit que toute matière saline qui a son représentant dans l'économie et que les aliments habituels ne fournissent qu'à trop faible dose doit exister dans les eaux de boisson, tel est le cas du carbonate de chaux, de la silice, etc. Une eau qui ne contient pas 0.1g de substances minérales par litre possède le défaut de minéralisation. Il est utile de le corriger.

Or il est une boisson, surtout consommée à bord des navires, qui présente au plus haut degré le défaut d'aération et celui de minéralisation, c'est l'eau de mer distillée. Sortant de l'appareil distillatoire elle est d'une fadeur extrême et possède souvent une odeur et une saveur nauséeuses que Sage, membre de l'Académie des Sciences, rapportait, en 1817, au gaz alcalin-oléaginé-neptunien. Cette eau n'est donc pas potable et avant de l'utiliser on doit y ajouter 0.2 à 0.3 de bicarbonate de chaux par litre, quelques centigr. de sel marin, une trace de silicate et l'aérer par le battage.

Défaut de limpidité — Il est occasionné par les matières en suspension ; c'est ainsi que les pluies continuelles, les pluies d'orage, peuvent rendre pendant quelque temps une eau impotable en troublant sa limpidité.

Pour débarrasser ~~une~~ l'eau des matières étrangères (minérales ou organiques) non dissoutes on a recours à la décantation ou à la filtration.

Décantation — Elle consiste à laisser reposer l'eau dans des réservoirs et à recueillir le liquide clair en laissant le dépôt à la partie inférieure. Elle est peu usitée, elle exige en effet la construction de réservoirs coûteux ; de plus elle est quelquefois très longue, c'est ainsi que l'eau de la Garonne est encore trouble après un repos de 10 jours.

Au point de vue hygiénique, la décantation n'est pas un bon procédé. Si les bassins de clarification

sont vastes, l'eau y séjourne longtemps, les matières organiques se décomposent, dans ce milieu les bactéries se développent ; on rentre dans le cas des eaux stagnantes. Mais quand les circonstances obligent à y recourir, il faut faire en sorte que la décantation ait lieu aussi rapidement que possible. On peut en effet hâter la précipitation des troubles, tantôt en ajoutant certains sels solubles — nous avons vu à propos des deltas que le dépôt du limon s'opérait 15 fois plus vite dans l'eau salée que dans l'eau douce —, tantôt en déterminant la formation d'un précipité chimique qui entraîne les matériaux en suspension.

Les Chinois emploient l'alun pour éclaircir les eaux limoneuses de leurs fleuves, ils en mettent un fragment dans un roseau percé de trous et promènent cet appareil dans l'eau à purifier. Au fur et à mesure que l'alun se dissout, des stries épaisses parcourent le liquide et le dépôt se forme. On y trouve de l'argile, du sable fin, du sulfate de chaux (formé dans la réaction du sulfate d'alumine sur le carbonate de chaux), et d'autres sels insolubles. 0gr1 d'alun suffisent pour clarifier un litre de liquide.

De même que les Chinois, nous employons ce sel pour épurer rapidement les eaux, mais nous nous servons aussi d'autres substances, tel le perchlorure de fer soit seul, soit additionné d'un lait de chaux ou d'une solution de carbonate de soude. Avec ces dernières substances il se produit de l'oxyde de fer qui, en se précipitant, non seulement englobe les matières en suspension, mais jouit encore de la propriété de brûler les matières organiques. Les milieux nutritifs, ensemencés avec le liquide décanté, ne donnent lieu à aucune culture.

Filtration — La filtration est plus rapide que la décantation, mais dans la pratique on la fait souvent précéder d'une décantation partielle, les pores de la substance filtrante sont ainsi moins vite obstrués.

Tous les corps poreux insolubles dans l'eau peuvent servir à filtrer ce liquide, ils agissent d'autant mieux que les pores sont plus fins. Nous ne ferons qu'énumérer les principales matières filtrantes :

- papier non collé et sa pâte
- étoffes (molleton, flanelle, feutre, etc
- ouate (coton hydrophyle)

éponges et éponges tannées au sumac, à l'acétate de fer ce qui les rend imputrescibles
substances minérales fibreuses (amiante, coton de verre, etc)
gravier, sable, grès, pierre ponce ~~etc~~
côke, mâchefer, scories
pierres poreuses artificielles
porcelaine dégourdie et porcelaine d'amiante
laine privée de matières grasses et ~~teinte~~ tannée

D'autres substances filtrantes exercent à la fois une action physique ou chimique, telles sont

le noir animal
le charbon de bois
les charbons agglomérés

qui employés à filtrer une eau putride lui enlèvent saveur et odeur.

On peut associer diverses de ces substances pour former des filtres composés : sable, gravier et charbon ; sable, éponges et charbon, etc

Quoiqu'on fasse, même en ne filtrant que de l'eau décantée, au bout d'un certain temps, les filtres s'encrassent. Il existe un moyen de retarder cet encrassement, c'est de faire passer de l'eau déjà filtrée sur le filtre qu'on met en oeuvre.

Nous n'avons pas à insister sur la filtration dont on trouve toute l'histoire dans les Traités d'hygiène, nous ajouterons ultérieurement quelques mots sur l'épuration des eaux au point de vue bactériologique.

Excès de carbonate de chaux — L'eau potable doit renfermer une certaine proportion de ce sel. On peut dire que 0.1g étant la dose nécessaire, 0.2g est une dose ~~faible~~ forte et 0.5 la dose limite. Dans ces 2 cas l'eau est dite calcaire, elle précipite à l'ébullition, donne des grumeaux avec le savon et cuit mal les légumes.

Quand on est en présence d'une eau trop riche en calcaire, il suffit pour l'amender de la faire bouillir, le carbonate de chaux se dépose à mesure que le ~~[illegible]~~ bicarbonate se décompose par perte d'acide carbonique, puis on l'aère par le battage.

Si l'eau calcaire doit servir à des usages industriels (machines à vapeur, etc), on peut y ajouter un lait de chaux ; le bicarbonate est transformé en carbonate neutre,

l'acide carbonique se portant sur une partie de la chaux. On a ici l'avantage que le carbonate en se déposant entraîne les matières organiques. Comme l'excès de chaux peut être nuisible, on la remplace quelquefois par de l'ammoniaque, le bicarbonate de chaux passe comme ci-dessus à l'état de carbonate; on chauffe pour enlever l'excès d'alcali et finalement on aère ~~[illegible]~~.

Excès de sulfate de chaux — Un excès de ce sel nuit bien plus à la potabilité d'une eau qu'un excès de ~~[illegible]~~ carbonate de chaux. L'eau sélénitense est indigeste, lourde, déplait au goût par sa saveur douceâtre; elle cuit mal les légumes et ne peut servir pour le savonnage. Hippocrate, et après lui Zimmermann, accusent les eaux de puits (souvent sélénitenses) de causer la pierre.

On peut tolérer dans l'eau une dose de 0.02 à 0.05 de sulfate de chaux. La dose de 0.1 par litre est maximum.

L'eau sélénitense est non seulement mauvaise pour boisson, mais elle ne peut servir dans beaucoup d'industries, comme dans l'alimentation des chaudières à vapeur. En effet, bien que le sélénite soit plus soluble à chaud qu'à froid, il est moins soluble sous une pression de 3 à 4 atmosphères qu'à la pression ordinaire, aussi se dépose-t-il sur les parois des générateurs.

Le carbonate de soude peut servir à purifier une eau sélénitense, le sulfate de chaux est transformé en carbonate de chaux moins soluble. A chaud, le carbonate de soude produit une purification plus complète puisqu'il y a ~~[illegible]~~ précipitation d'une plus grande quantité de carbonate de chaux. Une analyse préliminaire permet de ne mettre que la quantité de carbonate sodique nécessaire à la décomposition du sulfate calcique, on obtient ainsi une eau potable.

Pour les usages industriels on peut battre l'eau avec du carbonate de baryte en poudre fine, il se fait du carbonate de chaux et du sulfate de baryte, tous deux se déposent. Le défaut de ce procédé est la difficulté avec laquelle le sulfate de baryte se précipite à froid, de plus il est coûteux. Une eau sélénitense ainsi corrigée ne doit pas être bue, une partie du carbonate de baryte peut entrer en solution et les sels de baryum sont vénéneux.

Nous avons déjà vu que l'eau chargée de sulfate de chaux était choisie de préférence à une autre par les boulangers

et les brasseurs (voir Eaux de puits).

Excès de sels magnésiens — Ce cas n'est pas rare pour l'eau de quelques rivières d'Algérie, elle est alors un peu amère et laxative. On a accusé les sels magnésiens de produire dans l'organisme du phosphate ammoniaco-magnésien et d'être ainsi la cause de dépôts calculeux; on leur a aussi ~~accusés~~ reproché de favoriser le développement du goître.

On se débarrasse des sels magnésiens en excès comme on l'a fait ci-dessus pour l'excès de sulfate de chaux: on emploie le carbonate de soude ou celui de baryte.

Excès de sulfate de soude — Cette cause d'impotabilité est moins commune que la précédente. Pour purifier l'eau il faut alors recourir à la congélation ou à la distillation.

Excès de chlorure de sodium — Toute eau potable renferme du sel marin:

eaux potables très pures	0.003 à 0.015
eaux potables pures	0.02 à 0.07

Un excès de chlorure de sodium doit faire considérer l'eau comme suspecte, ce sel étant en rapport avec la proportion de matières organiques. La purification est la même que dans le cas précédent.

Présence d'azotates et de sels ammoniacaux — Ces sels à faible dose (0.01 à 0.02 par litre) n'ont pas d'inconvénient d'après Blondeau; mais il faut se méfier des eaux qui renferment de pareils composés de l'Azote, leur présence indique, presque à coup sûr, celle de matières organiques azotées. Ce sont effectivement ces dernières qui leur donnent le plus souvent naissance.

Présence d'hydrogène sulfuré — Ce gaz est reconnaissable à son odeur; si on devait consommer une eau qui en contienne il faudrait la filtrer sur du charbon végétal concassé.

Présence de composés métalliques — On rencontre normalement dans l'eau certains métaux, tels que le fer et le manganèse, et, accidentellement, d'autres métaux dont les sels sont vénéneux comme le Cu, le Pb, le Sn, le Zn, le Ba, etc. Parmi eux, le Pb, le Sn, le Zn viennent souvent des gouttières, des tuyaux de conduite, des serpentins où se condense l'eau distillée à bord des navires.

Tous les composés de ces métaux, à part ceux du Ba, sont influencés par le sulfure d'ammonium; c'est à ce

réactif que nous allons nous adresser pour déceler leur présence.

On prend un long tube en verre fermé à l'une de ses extrémités comme un tube à essai, et on y verse 100cc d'eau suspecte filtrée, puis 1 ou 2 gouttes de sulfure ammonique incolore. On examine alors suivant le grand axe du tube : s'il ne s'est rien produit, il est inutile d'insister ; un trouble ou un précipité indique au contraire que l'eau renferme un des métaux précipitables par le réactif. ~~[illegible]~~ S'il en est ainsi, on ajoute 2 gouttes d'HCl : si la coloration disparait — c'est plutôt dans ces cas une coloration qu'un véritable précipité — ~~[illegible]~~, on conclut à Zn, Mn, Cr ou Fe ; si le précipité persiste, on doit penser à Pb, Cu, Sn. ~~[illegible]~~

Pour les sels de Ba, on prend 50cc d'eau, on verse 2 gouttes d'HCl et 20cc de solution de sulfate de strontiane. En présence de baryte il se fait un précipité blanc de sulfate de baryte, cette réaction est caractéristique. ~~[illegible]~~ Il y a lieu de faire cette recherche ~~quand~~ l'eau est purifiée à l'aide carbonate de baryte.

Excès de matières organiques hydrocarbonées — La matière organique hydrocarbonée, comme la matière organique azotée, est avide d'oxygène, elle s'empare de celui que l'eau renferme en dissolution et lui rend en échange du CO^2. ~~[illegible]~~ L'avidité de ces substances pour l'oxygène est telle qu'elles réduisent certains composés oxygénés, comme le sulfate de chaux qui passe à l'état de sulfure de calcium :

$$Ca\,SO^4 + \text{matière organique} = Ca\,S + \text{matière organique } O^4,$$

avec l'eau séléniteuse cette réaction se produit et l'odeur d'œufs pourris que prend le liquide la met en évidence. Une eau ainsi altérée contient de l'H^2S, car le sulfure de calcium, au contact de CO^2, donne lieu à un dégagement de ce gaz :

$$Ca\,S + CO^2 + H^2O = Ca\,CO^3 + H^2S \text{ (At.)}.$$

La réduction du sulfate de chaux en sulfure est peut être due à l'action de certaines algues (Beggiatoa mirabilis, roseo-persicina, alba) ; nous renvoyons au chapitre consacré aux Eaux minérales sulfureuses.

Il est facile de déceler dans l'eau la présence de traces d'H^2S : on prend un tube de 60c de longueur, comme celui qui a servi à rechercher l'existence de sels métalliques, on le remplit d'eau et on ajoute 2 ou 3 gouttes de solution de nitrate d'argent. Si le précipité n'est

pas appréciable, on regarde dans la direction du grand axe du tube et au-dessus d'un papier blanc. Avec la moindre trace de sulfure d'argent toute la masse du liquide paraît noire.

Il nous semble d'actualité de dire quelques mots de la dysenterie épidémique qui est essentiellement une maladie des pays chauds et qui, comme la fièvre intermittente grave, provient de la putréfaction des matières organiques dans un sol imprégné d'eau. Ces deux maladies affectent de préférence les terrains marécageux, tels que ~~~~ les côtes du Gabon, du Sénégal, de Madagascar, ~~où~~ celle où notre corps expéditionnaire vient de subir, de leur fait, au début même de la campagne, des pertes importantes. Nous extrayons textuellement ce qui suit de la Géographie médicale du Dr Bordier : « Un grand nombre de médecins de la marine, M.M. Rochard, Mahé, Fonssagrives, admettent aujourd'hui que la fermentation des substances végétales produit la fièvre intermittente ou phytohémie tandis que la fermentation, sur le même point, des débris animaux produit la dysenterie ou nécrohémie ; mais si cette cause générale est commune aux deux maladies, la cause spéciale diffère. On peut coucher au milieu des marécages (marigots) ; on prendra une fièvre pernicieuse, mais on ne prendra pas la dysenterie. Pour prendre la dysenterie, il ne suffit pas de respirer les germes qui se dégagent des marais ; il faut boire l'eau de ce marais, témoin le fait suivant, rapporté par le Dr Napias, alors médecin de la marine. En 1866, plusieurs centaines d'hommes appartenant aux compagnies de discipline furent débarqués à la Guadeloupe ; ils furent, dès leur arrivée, divisés en deux troupes : l'une buvait l'eau pure et fraîche d'un torrent, auprès duquel elle était campée ; l'autre fut installée au voisinage d'une rivière, qu'on nomme la Rivière aux herbes et qui contenait une grande quantité de détritus animaux et végétaux en voie de fermentation. Dans cette dernière troupe, 18 hommes tombèrent rapidement malades de la dysenterie, alors que dans la première on n'en observa pas un seul cas. Les travailleurs du canal de Suez, en 1863, ont été pendant quelque temps décimés par la dysenterie, alors qu'ils buvaient l'eau saumâtre qui était à leur portée ; la maladie a cessé le jour où l'eau du Nil est venue

remplacer cette eau dans leurs chantiers ......
..... ».

Et le Dr Bordier termine ainsi : « comme indications pratiques nous pouvons déduire ce grand principe : éviter, dans les pays chauds, l'usage des eaux non courantes et trop chargées de matières organiques, les boire au moins filtrées ou bouillies ».

Présence de matières organiques azotées — Ces matières organiques sont bien autrement redoutables que celles qui ne sont qu'hydrocarbonées, leur présence caractérise les eaux impures et par suite inutilisables, au moins directement, comme eaux potables.

A leur sortie des grandes agglomérations ou des cités industrielles (amidonneries, tanneries, etc), les eaux de rivières sont fortement souillées de substances organiques de cette nature, le dosage indique en effet une proportion exagérée d'azote albuminoïde. Mais au bout d'un certain parcours — pour la Seine, c'est bien avant Rouen — on trouve que l'azote albuminoïde diminue, disparaît même, il a été transformé en ammoniaque, puis en composés nitreux et nitriques. Dans cette eau régénérée les Diatomées, les Algues vertes, redeviennent abondantes, les Microbes ont commencé le travail de la purification, les Algues l'achèvent. Comme le dit M. Duclaux : « les agents destructeurs des substances organiques complexes qui rendent l'eau malsaine sont surtout les microbes ; le travail purificateur a commencé par les anaérobies, il se continue par les aérobies. Et plus loin : Il n'y a pas d'appareil de filtration, de système de précipitation chimique qui puisse valoir pour la purification des eaux une invasion d'espèces banales de germes. En effet, après la filtration et la précipitation, l'eau conserve la matière organique soluble, elle reste apte à nourrir les germes nocifs qu'elle recevra, tandis que la même eau soumise à l'action successive des microbes anaérobies, aérobies, est impropre à l'ensemencement et au développement des espèces microbiennes parce que l'azote albuminoïde, la matière organique a disparu de l'eau ».

Nous ajouterons en manière de conclusions :
1° que si les microbes détruisent la matière organique des eaux ils méritent le nom de saprophages et que celui de saprogènes par lequel on les désigne communément devient

tout à fait impropre.
2° que le nombre des microbes doit être en rapport avec la quantité de nourriture, c'est à dire de matières organiques. Elevé quand la nourriture est abondante, il diminue à mesure qu'elle est utilisée, de sorte que leur numération peut donner une mesure de la proportion de substances organiques.
3° que toute eau reconnue impotable par présence ou excès de matières organiques est susceptible de devenir potable après l'action des bactéries.

Quand on ne peut pas attendre pour ~~obtenir~~ une eau de boisson que l'eau souillée se purifie par l'action spontanée des microbes, aidés dans leur œuvre de destruction par la lumière et la chaleur, il faut avoir recours à la purification artificielle.

L'alun prive l'eau des matières organiques qu'elle renferme ; elles sont entraînées dans le précipité de sous-sels d'alumine et de sulfate de chaux. Un décigr. d'alun est une dose suffisante pour un litre.

Le perchlorure de fer + lait de chaux ~~[illegible]~~ ont d'une ~~[illegible]~~ action efficace. Le permanganate de potasse, le permanganate de chaux et les oxydes inférieurs de manganèse (procédé Bordas et Girard : Académie des Sciences, 25 Mars 1895) oxydent aussi les matières organiques et permettent de se procurer une eau stérile.

Le charbon de bois plongé dans l'eau contenant des matières organiques a la propriété de les fixer à sa surface et dans ses pores. Pour que cette action se produise il n'est pas nécessaire qu'il y ait filtration à travers le combustible ; il suffit qu'il flotte sur le liquide, on agite de temps en temps, après quelques heures l'eau est potable. On doit changer le charbon tous les 3 ou 4 jours.

Le chauffage de l'eau à l'ébullition est encore le moyen par excellence de s'opposer à l'action nuisible des substances organiques. Après quelques minutes d'ébullition on laisse refroidir le liquide, le vase étant couvert. Par filtration et battage, ou décantation et battage, l'eau devient potable. Les décoctions diverses et les infusions préparées à l'aide de l'eau bouillante, et qui servent de boissons usuelles à certains peuples, constituent tous des ~~préparations~~ ~~[illegible]~~ breuvages recommandables.

Quand on a besoin de beaucoup d'eau potable et que celle-ci est riche en matières organiques, on peut recourir à la purification par le feu. Dans le filtre

Bischoff, on fait d'abord passer l'eau à travers une couche de sable, puis à travers un mélange de sable et de fer grenaillé, enfin à travers une couche de sable. Le fer s'oxyde, passe d'abord à l'état de protoxyde, puis de sesquioxyde qui brûle les matières organiques; revient à l'état de protoxyde, repasse à celui de sesquioxyde, pour continuer la combustion organique par suite de ses oxydations et réductions successives (1)

Nous avons insisté ailleurs sur la nature des matières organiques azotées de l'eau : les unes sont solubles (urée, tyrosine, leucine et congénères), les autres insolubles (organismes, bactéries). Les méthodes de purification précédentes, par le fer, par le permanganate, détruisent simultanément les substances solubles et insolubles. Il n'en est pas de même du procédé de purification à l'aide de la porcelaine dégourdie (filtre Chamberland, Aéri-filtre Maillé, etc) qui ne s'adresse qu'aux corps insolubles. Les auteurs de ces systèmes de filtration n'ont eu en vue que la filtration bactériologique; en prenant mille précautions on peut obtenir avec ces filtres de l'eau stérile, mais il ne faut pas leur demander autre chose que priver l'eau des matières en suspension. En cas de présence de microbes pathogènes, ils peuvent rendre de grands services, mais le liquide filtré par eux renferme les matières organiques solubles; il n'est pas épuisé au point de vue de la nutrition des bactéries et pourrait, à la rigueur, servir de milieu de culture.

Le <u>filtre Chamberland</u> est trop connu pour que nous insistions sur l'appareil : une bougie en porcelaine dégourdie est enfermée dans un cylindre métallique, l'eau arrive autour de la bougie, traverse la porcelaine et s'écoule par la partie inférieure. La filtration se fait donc de dehors en dedans.

Pour que ce filtre fonctionne normalement, il faut que l'eau y arrive avec une pression suffisante (1 à 4 athmosphères), et cette condition ne peut être réalisée qu'avec l'eau de distribution des villes ou avec celle d'un réservoir suffisamment élevé.

Une bougie filtrante de 0.20 donne environ 1 litre à l'heure sous la pression habituelle. La même bougie peut filtrer l'eau sans pression, mais il faut l'employer alors isolée, sans gaine métallique. Comme le débit est moins fort (environ 4 litres par 24 heures), on groupe souvent les bougies

(1) Guichard « L'eau dans l'industrie »

dans un même récipient.

Le premier inconvénient de ces filtres est l'encrassement progressif de la paroi externe de la bougie, il est naturellement d'autant plus rapide que l'eau à filtrer est plus chargée de matières en suspension. D'après Miquel, une même bougie peut stériliser l'eau de la Vanne pendant un mois, celle de la Seine ~~...~~ pendant 4 jours ; quant à l'eau du canal de l'Ourcq, elle passe impure après 48 heures.

Le moyen de nettoyage le plus simple consiste à démonter l'appareil et à brosser l'extérieur de la bougie avec une brosse dure pour enlever la couche glaireuse. Mais ce n'est pas suffisant, les bactéries fixées dans cet enduit ont donné des spores qui ont été retenues dans les pores de la porcelaine ; ce sont ces germes qu'il faut détruire si on ne veut pas retrouver dans l'eau filtrée les bactéries auxquelles elles donneront naissance. Pour arriver à ces fins, après avoir brossé la bougie, il faut la stériliser : pour cela on la porte au four à + 150° après l'avoir desséchée, ou on la fait bouillir avec de l'eau acidulée d'HCl.

Plus récemment, on a proposé d'aseptiser les bougies en y filtrant un liquide stérilisateur : l'alcool, la solution d'alun à 10 gr. par bougie, l'eau de Javel, le permanganate de potasse en solution à 1 ‰, ont été tour à tour recommandés. La stérilisation obtenue, il faut laisser filtrer de l'eau pendant 20 minutes avant d'en recueillir pour la consommation (M. Riche).

Un autre filtre assez répandu est le filtre Maignen dit Cottage. La partie filtrante se compose d'un cône en porcelaine perforé, placé debout sur sa base dans un vase cylindrique. Il est recouvert d'une chemise en tissu d'amiante qu'on saupoudre de carbo-calcis excessivement fin, puis on dispose ~~tout~~ par dessus et tout autour une couche épaisse de carbo-calcis grenu. L'eau doit traverser ces deux couches de carbo-calcis ~~et~~ avant de gagner la partie inférieure de l'appareil où elle se collecte.

Le carbo-calcis serait un mélange de charbon animal et de chaux, aussi ce filtre a-t-il une action purificatrice puissante. ~~...~~ Au contact de cette substance, une eau calcaire ~~abandonne~~ perd du carbonate de chaux ; les sels métalliques, les matières colorantes sont fixées ; les matières organiques sont en grande partie détruites par oxydation. Le filtre Maignen,

une fois monté, peut fonctionner assez longtemps sans qu'on renouvelle le carbo-calcis ; il donne une eau limpide, bonne pour la consommation quoique plus riche en microbes que celle du filtre Chamberland. Nous devons toutefois ajouter qu'elle est peu aérée, les gaz de l'eau ayant été retenus en grande partie par le charbon.

M. Burlureaux (Archives de Méd. expér. 1892), donne quelques formules qui permettent ~~de stériliser~~ d'épurer et de stériliser les eaux. Sa méthode repose sur l'emploi d'une poudre qu'il appelle anticalcaire, mélange de chaux ~~éteinte~~ vive, de carbonate de soude et d'alun.

Quand l'eau est plus riche en carbonate qu'en sulfate de chaux, on se sert d'un anticalcaire composé ainsi :

chaux vive	9
carbonate de soude	6
alun	1

la chaux domine. Avec une eau qui renferme plus de sulfate que de carbonate de chaux, c'est le carbonate de soude qui est prépondérant :

carbonate de soude	9
chaux vive	5
alun	1

La dose de l'anticalcaire à employer est de $0^{gr}.015$ par chaque degré hydrotimétrique et par litre. Non-seulement cette poudre débarrasse l'eau d'un excès de sels de chaux, mais elle la stérilise : avec $0^{gr}.6$ on tue tous les microbes dans un litre d'eau de la Vanne.

Pour l'~~E~~ eau de Seine, M. Burlureaux ajoute à l'anticalcaire un nouveau composant, le sulfate ferreux :

chaux vive	9
carbonate de soude	5
alun	1
sulfate de fer	1

l'oxyde de fer englobe en se précipitant au sein de l'eau les matières en suspension et brûle les substances organiques. L'auteur s'est assuré que l'eau ainsi traitée et filtrée ne donne naissance à aucune culture.

ECOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE PARIS BIBLIOTHÈQUE

Ce travail comporte une suite : la 2ème partie de l'*Hydrologie spéciale* ou *Etude des Eaux minérales*. Nous sommes actuellement occupé à sa rédaction.

Alger, le 21 Juin 1895

E. Fleury

ECOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS
BIBLIOTHÈQUE